

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

«На правах рукопису»

УДК _____

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

(підпис) О.В.Шевченко
(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему Дослідження механізму затиску верстата для обробки кілець
кулькових підшипників.

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ ІІ курсу , групи МВ – 81мп

Раус Сергій Сергійович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник _____ Доцент Литвин О.В.

(посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з розділу _____

(посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент:

Доц.. Лапковській С.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2019

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою

Спеціальність 131 Прикладна механіка
Спеціалізація «Технології комп'ютерного проектування верстатів, роботів і машин»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

О.В.Шевченко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Раус С.С.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Дослідження механізму затиску верстата для обробки кілець кулькових підшипників.

науковий керівник дисертації Доцент Литвин Олександр Валеріанович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “31” жовтня 2019 року № 3800-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження пружна система патрон – деталь токарного верстата

4. Вихідні дані Верстат ПАБ-130. Найбільший діаметр заготовки 100мм. Найбільша довжина заготовки 80-100мм. Переміщення по осі Х 200мм. Переміщення по осі Y 350мм. Відстань між торцями шпинделів 814мм. Межі частот обертання 100-4000 об/хв. Величини подач по осі Х та Y 20 м/хв.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Проаналізувати існуючі моделі затискних патронів, позрахувати зусилля затиску для визначеної деталі, провести статичний аналіз напруженого стану самих відповідльних елементів

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Шпіндельна ліня, загальний вигляд вестата, привод механізму захвата, робоча зона верстата, шпіндель з маніпулятором, патрон розтискний, плакат розрахунок кулака, плакат розрахунок штовхача, захват маніпулятора.

7. Орієнтовний перелік публікацій Приведення жорсткості системи патрон – деталь токарного верстата, Инновационные методы исследований зажимных патронов станков, Стан та результати реєстрації та використання географічних зазначень в Україні

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд і аналіз існуючих конструкцій	1-й тижд.	
2	Розрахункова частина	2-й тижд.	
3	Креслення шпіндельна лінія	3-й тижд.	
4	Креслення загальний вигляд верстата	4-й тижд.	
5	Креслення привод механізму захвата	5-й тижд.	
6	Креслення робоча зона вестата	6-й тижд.	
7	Креслення шпіндель з маніпулятором	7-й тижд.	
8	Аналіз	8-й тижд.	
9	Висновки та оформлення	9-й тижд.	

Студент _____ Раус С.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації _____ Литвин О.В.

Аннотація

Магістерська дисертація на тему: "Дослідження механізму затиску верстата для обробки кулькових підшипників"

Дисертація складається з вступу, 3 розділів, висновків, списку літератури. Текст записки складається з 77 сторінок, яка включає в себе 52 рисунків та 14 таблиць.

Розроблений самоцентруючий розтискний патрон для обробки кілець підшипника з базуванням по внутрішній сферичній поверхні на двошпиндельном верстаті з ЧПК. Розроблен захват для зміни заготовки між шпинделями, який підвищує продуктивність обробки при багатосерійному виробництві. Був здійснений аналіз напружень в найбільш відповідальних деталях затискного патрона.

Ключеві слова: верстат, обробка, патрон, кільце підшипника, затиск, точність, розрахунок

Аннотация

Магистерская диссертация на тему: "Исследование механизма зажима станка для обработки шариковых подшипников"

Диссертация состоит из вступления, 3 разделов, выводов, списка литературы. Текст записки состоит из 77 страниц, которая включает в себя 52 рисунков и 14 таблиц.

Разработан самоцентрирующий разжимной патрон для обработки колец подшипника с базированием по внутренней сферической поверхности на двухшпиндельном станке с ЧПУ. Разработан захват для смены заготовки между шпинделями, который повышает производительность обработки при

крупносерийном производстве. Был осуществлен анализ напряжений в наиболее ответственных деталях зажимного патрона.

Ключевые слова: станок, обработка, патрон, кольцо подшипника, зажим, точность. расчет

Summary

Master's thesis on the topic: "Study of the clamping mechanism of the machine for processing ball bearings"

The thesis consists of an introduction, 3 sections, conclusions, references. The text of the note consists of 77 pages, which includes 52 figures and 14 tables.

A self-centering expansion Chuck has been developed for processing bearing rings based on the inner spherical surface on a duplex CNC machine. Designed capture for changing the workpiece between the spindles, which increases the processing performance in large-scale production. Stress analysis was carried out in the most critical parts of the clamping Chuck.

Keywords: machine, machining, Chuck, bearing ring, clamp, precision. calculation

ЗМІСТ

Вступ.....	10
1.Дослідження проблеми технологічних потреб машинобудівних підприємств в сучасному оснащенні	12
1.1. Місце верстатного оснащення в технологічній системі верстату	12
1.2. Огляд розтискних оправок та плунжерів	18
1.3. Огляд і аналіз існуючих конструкцій	21
2. Розрахункова частина	45
2.1. Розрахунок сили різання P_z , яка виникає при точінні зовнішньої поверхні	45
2.2 Розрахунок необхідного зусилля затиску заготовки у розтискному патроні	49
2.3. Проектування захватного механізму маніпулятора	54
3. Статичний аналіз елементів патрона	57
3.1. Аналіз напружено-деформованого стану	57
3.2. Розрахунок деформацій та напруження по Мізесу кулак за допомогою пакету AutoDesk Inventor 2017	59
3.3. Розрахунок деформацій та напруження по Мізесу штовхача за допомогою пакету AutoDesk Inventor 2017	66
Загальні висновки	72
Список використаних джерел	73
Додатки	

ВСТУП

Сучасний етап розвитку машинобудування характерний швидким зростанням випуску нових видів продукції. Заміна моделей виробів машинобудівного виробництва відбувається значно швидше, ніж 10-15 років тому. Зміна моделей верстатів на передовому сучасному виробництві відбувається в середньому через 6-8 років. Це стосується не тільки універсальних верстатів, а й спеціалізованих верстатів з ЧПУ. Відповідно скорочується і цикл виробництва нових виробів, а це, як правило, вимагає іншого підходу по створенню нових пристосувань з використанням автоматизованого проектування, так як значні трудові та матеріальні витрати на технологічне оснащення впливають на продуктивність праці.

Аналіз технологічних потреб машинобудівних підприємств показує, що в більшості випадків одночасно необхідна оснастка для обробки заготовок в умовах різної серійності виробництва, що мають різноманітні габаритні розміри, різні вимоги по точності і шорсткості і т.д.

Метою магістерської дисертації на тему «**Дослідження механізму затиску верстата для обробки кілець кулькових підшипників**» є підвищення точності і продуктивності обробки кілець підшипників на основі дослідження та розробки нового патрона для обробки кілець підшипників та захвата маніпулятора.

Об'єкт дослідження – пружна система патрон – деталь токарного верстата

Предмет дослідження - вплив характеристик затискного патрона на точність обробки.

Актуальність - дана розробка дозволяє підвищити точність серійного виготовлення деталей типу кільце

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Проаналізувати існуючі моделі затискних патронів
- Розрахувати зусилля затиску для визначеної деталі

-Провести статичний аналіз напруженого стану найвідповідальніших деталей

Наукова новизна полягає в удосконаленні технології обробки різанням деталей з одночасною обробкою з трьох сторін з закріпленням їх в новому патроні

Графічна частина дисертації містить листи:

- Шпіндельна лінія
- Загальний вигляд верстата
- Привод механізму захвата
- Робоча зона верстата
- Шпиндель з маніпулятором
- Патрон розтискний
- Плакат розрахунок кулака
- Плакат розрахунок штовхача
- Захват маніпулятора

В процесі роботи над дисертацією були зроблені наступні публікації: Приведення жорсткості системи патрон – деталь токарного верстата, Инновационные методы исследований зажимных патронов станков, Стан та результати реєстрації та використання географічних зазначень в Україні [7,17,18]

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ В ОСНАЩЕННІ

1.1. Місце верстатного оснащення в технологічній системі верстату

Основна вимога до технологічної системи - забезпечення необхідних продуктивності і точності обробки (включаючи точність розмірів, форми і взаємного розміщення оброблених поверхонь, їх хвилястість і шорсткість). На точність обробки впливають всі компоненти технологічної системи.

Головним компонентом технологічної системи є металорізальний верстат - технологічна машина, призначена для розмірної обробки заготовок головним чином зняттям стружки ріжучим інструментом. Використовують також спеціальні методи обробки (електрофізичні, електрохімічні, лазерним променем, пластичним деформуванням) і операції, пов'язані з вимірюванням або контролем заготовок і деталей, а в ряді випадків і з їх складанням.[6]

Пристосування (верстатне, складальне, контрольне та об.) – один з визначальних компонентів технологічної системи. Пристосування має забезпечити задану точність положення інструменту або заготовки при обробці на верстаті. Деформація і зношування затискних елементів пристосування, посадочних, настановних і направляючих поверхонь змінюють початкові характеристики його точності і збільшують з плином часу відповідну складову сумарної похибки обробки.

Заготовка – предмет виробництва, з якого зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні і властивостей матеріала виготовляють деталь. Заготовка характеризується заданою точністю форми і стабільністю властивостей матеріалу. Нерівномірний припуск, деформація заготовки, нерівномірне розподілення твердості, технологічні дефекти матеріалу, зміни в поверхневому шарі, що виникають в процесі різання, і інші характеристики є її вихідними параметрами в загальній схемі формування точності деталі.

Застосування технологічної оснастки, особливо переналагоджуваного типу не тільки забезпечує, а й розширює технологічні можливості як універсальних, так і верстатів з ЧПУ, гнучких виробничих модулів і робототехнічних систем.[5]

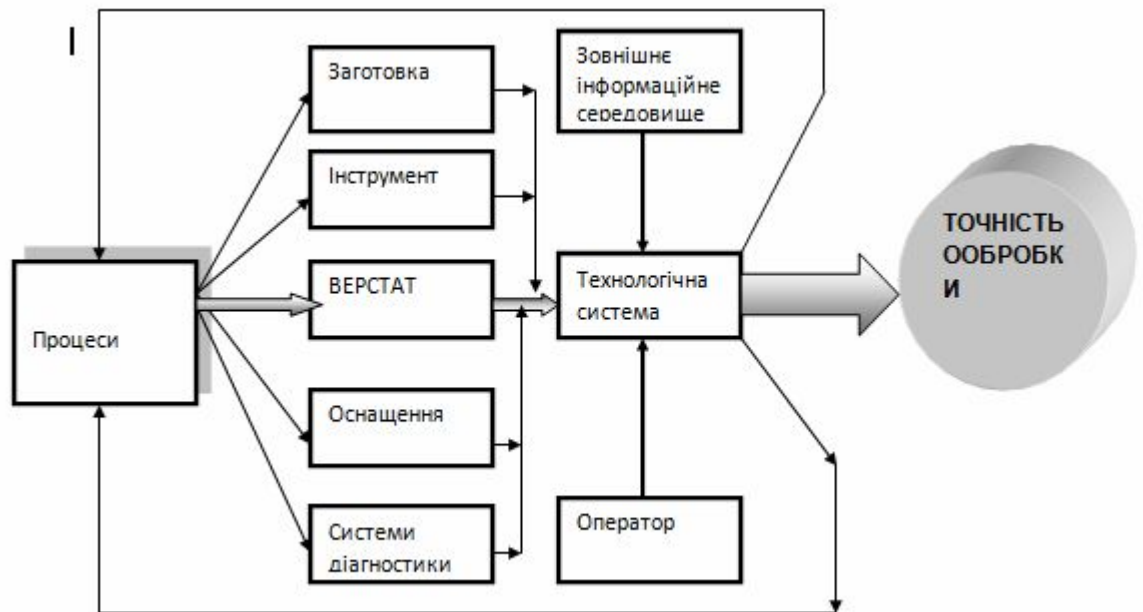


Рис.1.1.1. Вплив робочих процесів на точність обробки в верстаті

[23] Підвищення продуктивності праці при застосуванні технологічної оснастки забезпечується наступним:

1. Скороченням допоміжного часу на встановлення та закріплення заготовки в пристосуванні;
2. Інтенсифікація режимів різання за рахунок збільшення міцності, жорсткості і вібростійкості пристосувань.
3. Скороченням обсягу пригоночно - слюсарних робіт під час складання виробів за рахунок застосування технологічного оснащення підвищеної точності.
4. Застосуванням технологічної оснастки підвищеної точності.
5. Розширенням багатOVERстатного обслуговування верстатів з ЧПУ шляхом обробки групи деталей, встановленої в багатомісному пристосуванні.

БагатOVERстатне обслуговування застосовують, як правило, на операціях, що мають тривалий цикл, який здійснюється в автоматичному режимі. При виготовленні деталей, що мають короткий час обробки, доцільно застосовувати багатомісні пристосування на верстатах з ЧПК.

Більш детально пристрій двошпиндельного токарного верстата розглянемо на прикладі верстатів ПАБ-130. Це - горизонтальні двошпиндельні токарні верстати з ЧПК.



Рис.1.1.2 Загальний вигляд верстата ПАБ-130

Він розроблений для виготовлення деталей типу втулок, фланців, підшипникових кілець, шестерень та ін. Існує можливість виробляти обробку як послідовно з двох сторін однієї деталі, так і двома паралельними потоками. Можлива повна обробка деталі без необхідності додаткових операцій складування і проміжного транспортування. Саме тому такі верстати затребувані, переважно, в серійному машинобудівному виробництві. Переваги таких верстатів очевидні – два одношпиндельних верстата займають набагато більше площі і набагато більш ресурсомісткі, містять більше деталей, ніж один двошпиндельний верстат. [28]

Компонування верстата

Особливість верстата – дві опозитно встановлені шпиндельні бабки з розташованим між ними хрестовим супортом. Хрестовий супорт переміщується на похилій станині між шпинделями, розташованими на одній лінії горизонтально. В даному верстаті існує можливість управління по 2 лінійних осях X і Z з почерговою комутацією між лівим і правим шпинделями. У разі необхідності може

бути підключена вісь шпинделя С. Саме тому можливе значне спрощення структури системи управління. Дана конструктивна особливість дозволяє під час обробки деталі на одному з шпинделів здійснювати завантаження-вивантаження на іншому. Таким чином, допоміжний час значною мірою перекривається і фактично подвоюється продуктивність, що забезпечує суттєве здешевлення продукції. Рама – лита.

У верстаті є можливість установки системи передачі заготовки з одного шпинделя на інший, обробка деталі при цьому проводиться з обох сторін. В результаті після обробки на одному верстаті виходять цілком оброблені деталі – без переустановлення, відправки на склад, транспортування і проміжного складування.

Склад верстата і основні комплектуючі.

В якості системи управління використовується - SIEMENS SINUMERIK 802D, в приводах задіяні цифрові SIMODRIVE 611UE. Електрообладнання від фірми SCHNEIDER. Постачальник пневматики-KAMOZZI.FESTO (Італія).. Обробка деталей проводиться автоматично. Введення керуючих програм може здійснюватися як з пульта верстата, так і завантажуватися з комп'ютера за допомогою послідовного інтерфейсу. Можлива підтримка постійної швидкості різання. Шпиндельні опори виконані з застосуванням прецизійних радіально-упорних підшипників за наступною схемою: в передній опорі встановлені три підшипника з осьовою фіксацією шпинделя, в той час як два підшипника встановлені в задній опорі.

Питання змащення шпиндельних підшипників вирішене установкою пластичного мастила, що забезпечує їх змащення протягом усього терміну експлуатації. Хрестовий супорт сконструйований таким чином, що забезпечена ергономічна розстановка оснастки, зручна для обробки деталей абсолютно однаково як з використанням лівого, так і правого шпинделя. Тривалий термін експлуатації і точне переміщення супорта досягається використанням загартованих сталевих направляючих і полімерного покриття санчат (матеріал – наповнений

фторопласт). Передбачена можливість установки напрямних кочення. Супорт має автономну систему змащення, мастило подається дозованими порціями.

Завантаження і вивантаження деталей

Обидва шпинделя обладнані маніпуляторами, вони забезпечують як демонтаж деталі з патрона після завершення обробки, так і фіксацію наступної деталі з лотка. За транспортування оброблюваних деталей від лівого шпинделя до правого і навпаки відповідає вбудована система передачі деталей. Маніпулятори і транспортна системи сконструйовані способом, який дозволяє швидко переналадку в достатньому діапазоні розмірів деталей, що підлягають обробці.

Інструментальна оснастка

Тримачі інструменту

Мінімізація втрат часу на заміну ріжучого інструменту забезпечена застосуванням швидкозмінних тримачів інструменту. Можлива попередня настройка інструменту поза верстатом.

У конструкції верстата, крім здійснення традиційних токарних операцій, є можливість установки будь-яких приводних інструментів, це значно розширює технологічні можливості обладнання. Фактично, верстат може бути обробляючим центром і дозволяє здійснювати токарну обробку деталі з отворами, які знаходяться поза осі обертання деталі. Також можливе фрезерування поверхонь складної форми.

Додаткові можливості

Технологічні можливості верстата розширені за рахунок установки додаткових елементів і систем, які значно покращують точність обробки і надійність роботи.

До їх числа відносяться:

- пристрій контролю розташування ріжучої кромки інструменту з використанням датчика дотику;
- система контролю гостроти ріжучого інструменту і поломки інструменту;
- напрямні кочення;
- лінійні приводи і датчики;
- мотор-шпиндель;
- додаткова установка фрезерних і свердлильних пристроїв або ж револьверних головок з приводним інструментом дає можливість комплексної токарно-свердильно-фрезерної обробки деталі.

Двошпиндельний токарний верстат з ЧПК – це комплексне рішення токарної, свердильної і фрезерної обробки деталей.

Технічна характеристика верстата

№ п/п	Найменування параметрів	Одиниці вимірюва ння	Базовий верстат
1	Найбільший діаметр заготовки	мм	100
2	Найбільша довжина заготовки	мм	80-100
3	Переміщення по осі X	мм	200
4	Переміщення по осі Y	мм	350
5	Відстань між торцями шпинделів	мм	814
6	Межі частот обертання	об/хв	100-4000
7	Величини подач	м/хв	
	по осі X		20
	по осі Y		20

Табл. 1.1.1 Технічні характеристики верстата

Для виконання поставлених технологічних завдань верстат повинен бути обладнаний сучасним затискним механізмом. Затискний механізм включає затискний патрон, привід затиску та пристрій маніпулювання деталлю між шпинделями.

1.2. Огляд розтискних оправок та плунжерів

Розтискні оправки або патрони в металообробці - допоміжний інструмент для закріплення на шпинделі верстата заготовок або інструментів. Розтискні оправки або патрони за рахунок використання клинового передавально – підсилюючої ланки (цанги, клину та ін.) дозволяє зсередини закріплювати заготовки та інструменти, які мають отвори. Зміна діаметру затискних елементів відбувається за рахунок руху щодо зовнішнього або внутрішнього конуса, або за рахунок закручування або відкручування притискного гвинта.

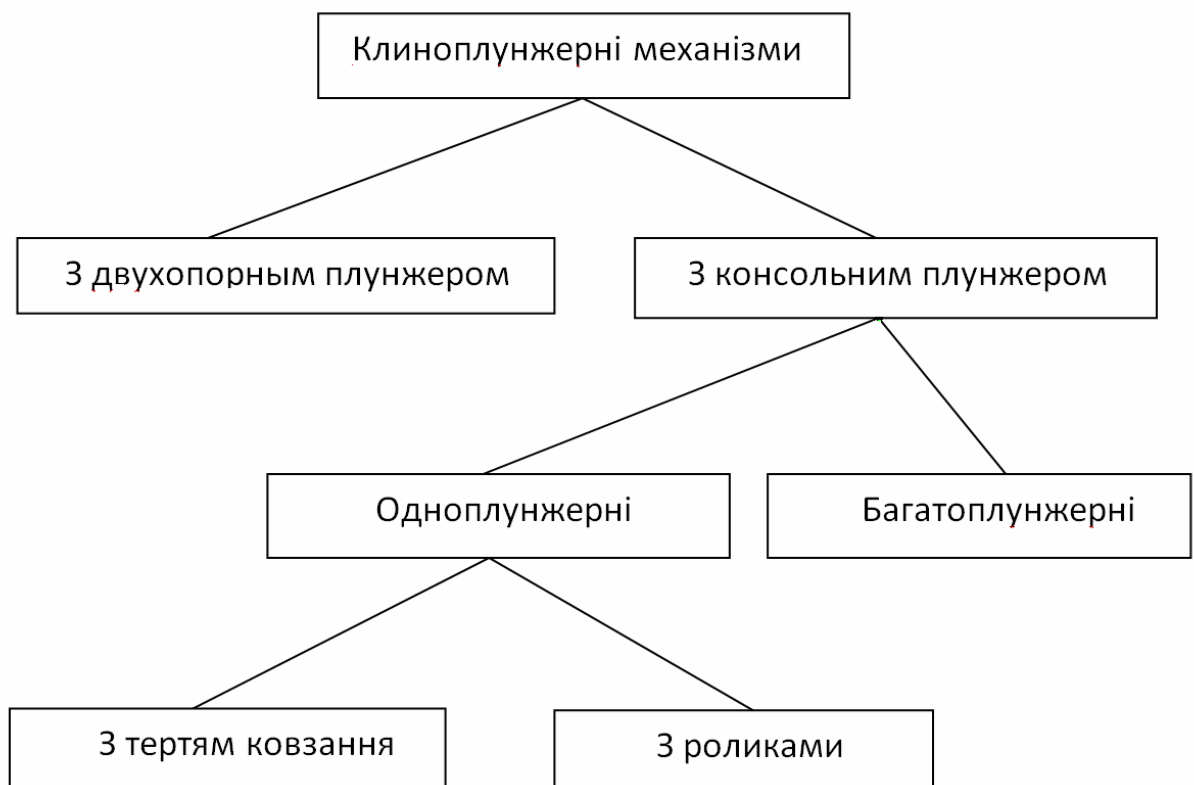


Рис.1.2.1. Класифікація багатоплунжерних механізмів

Використання розтискних оправок або патронів доцільно в наступних випадках:

При необхідності обробки всієї зовнішньої поверхні заготовки.

- При наявності у заготовки частин, що деформуються при зовнішньому затиску.

- При обробці тонкостінних заготовок.

- При обробці довгих заготовок.

Розтискні оправки або патронів можуть мати різні передавальні – підсилюючі ланки (рис. 1.2.3)

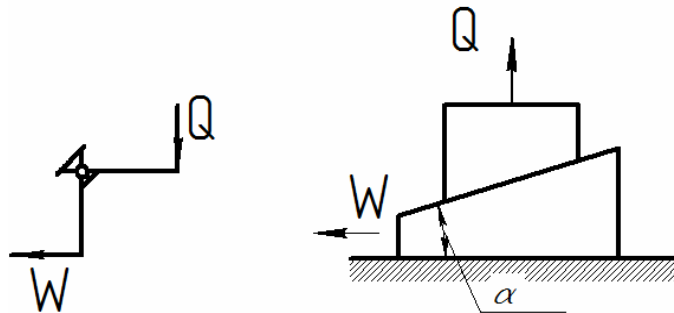


Рис.1.2.2. Передавальні – підсилюючі ланки: важільні та клинові

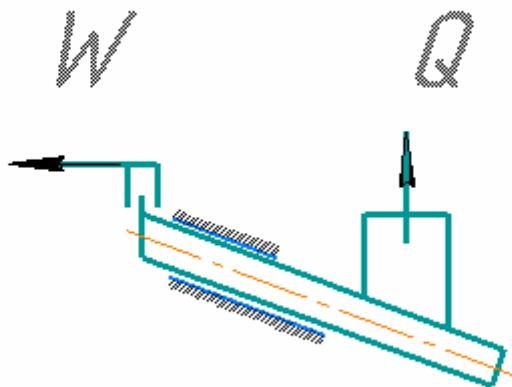


Рис.1.2.3. Кліно- плунжерні передавальні – підсилюючі ланки

Конструктивно розтискні оправки або патронів виглядають наступним чином.[19]

Механізм з двоопорним плунжером має плоский односкосий клин 4 і циліндричний плунжер з наскрізним пазом, в якому розміщується клин (рис. а.) Верхня стінка паза виконана з нахилом, рівним куту клина α . Плунжер переміщається в направляючій сталевій загартованій втулці (не показана), закріпленої в корпусі пристосування. Сила Q переміщує клин вліво і, завдяки розкладанню сил на похилій площині клина, підводить плунжер 2 до заготівлі 1 і

закріплює її силою W_1 . Механізми з консольним плунжером можуть мати один плунжер (рис. б) або кілька плунжерів (рис. в, г). Багатоплунжерні механізми дозволяють закріплювати одночасно кілька заготовок або закріплювати заготовку з її центруванням щодо осі клина 4 (рис. г). Пружина 6 компенсує різницю висот заготовок 1, що закріплюються. [24]

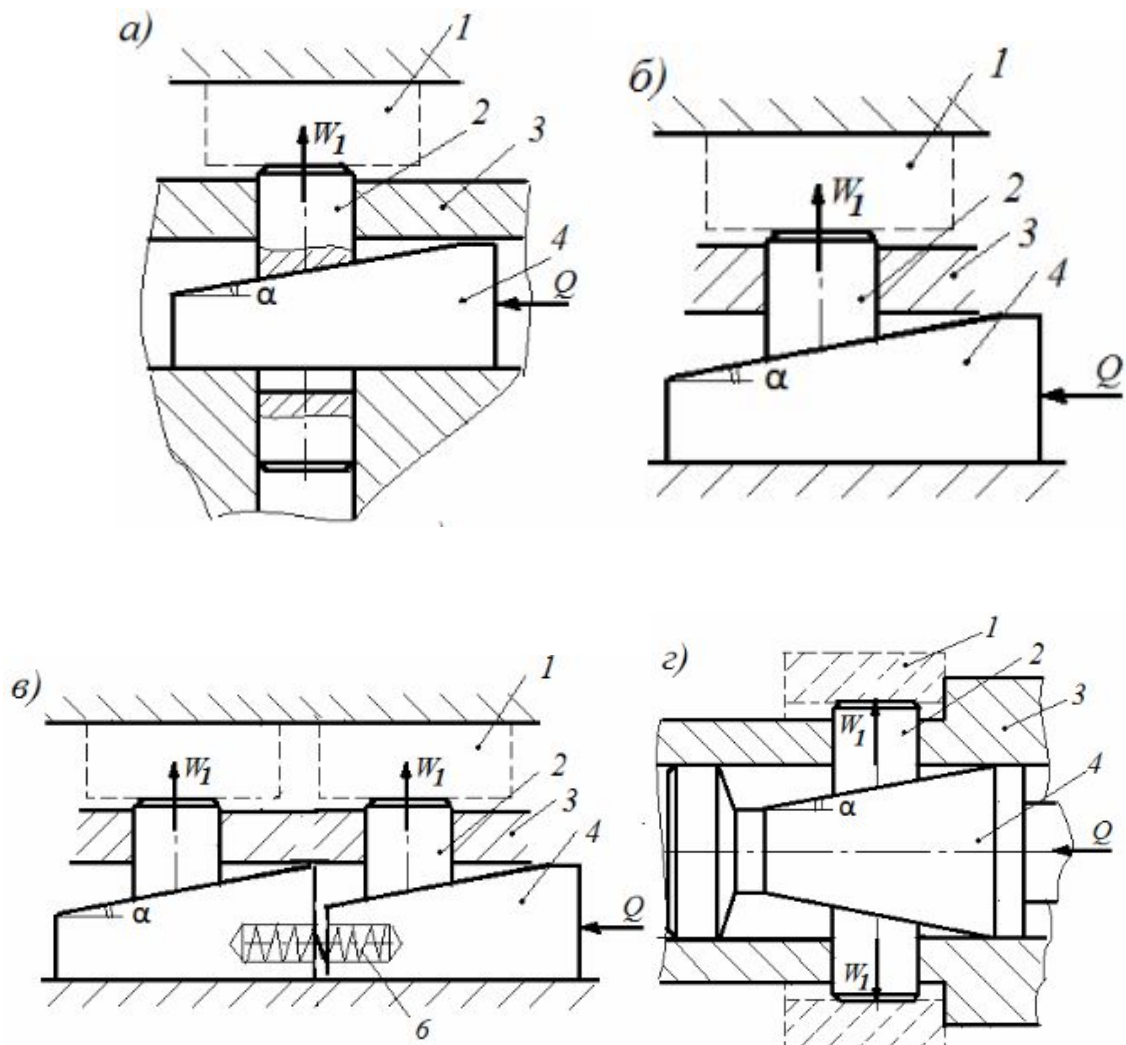
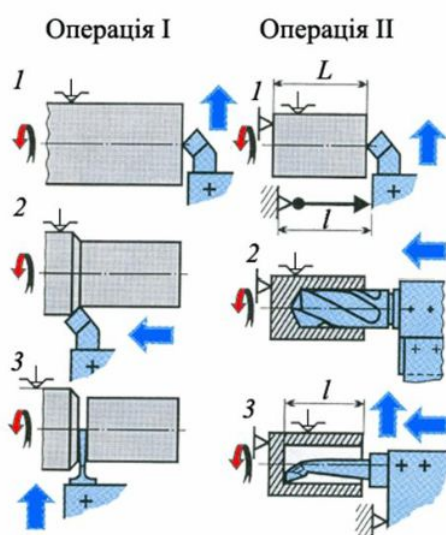


Рис.1.2.4. Типові клино- плунжерні ланки [30]

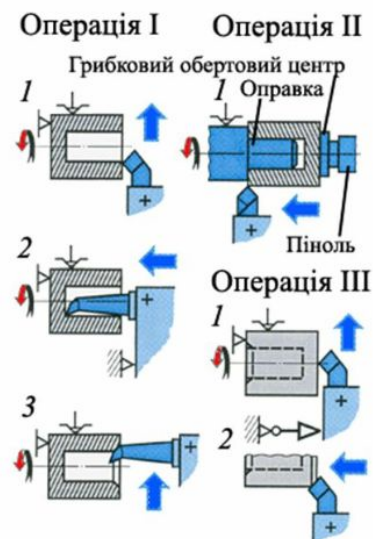
1.3 Огляд і аналіз існуючих конструкцій

Обробка типових деталей стаканів та гільз

Стакан становить порожнистий циліндр із дном, що може мати отвір. Стакани можуть бути рівними чи із фланцями. Гільза — це порожнистий циліндр, стакан із особливо тонкими стінками. Схему технологічного процесу виготовлення стакана із глухим дном із прокату у умовах серійного виробництва подано на рис. 1.3.1. Операція I — обточування зверху, підрізування торця й відрізування. Операція II — підрізування другого торця, свердління й розточування отвору, Концентричність зовнішньої та внутрішньої циліндричних поверхонь забезпечується обробленою зовнішньою поверхнею, що є чистовою базою. Схему технологічного процесу обробки стакана зі штампованої заготовки у умовах серійного виробництва із застосуванням рівної оправки, грибкового обертового центра й відкидного упора подано на рис. 1.3.2.[27]



**Рис.1.3.1 Технологічний процес виготовлення
Технологічний процес виготовлення
стакану з прокату в серійному виробництві
штампованої заготовки.**



**Рис.1.3.2.
Технологічний процес виготовлення
стакану із
штампованої заготовки.**

Базування стакана по заздалегідь обробленому отвору можна забезпечити за допомогою цангової оправки (рис. 1.3.2). Гайка 3 навірчується на різьбу оправки та переміщує вліво штифт 4, котрий зв'язаний із хвостовиком конусом 2 та зміщує його вліво: конус розтискує цангову (розтискну) частину оправки й закріплює заготовку. [27]

Розточування тонкостінної гільзи, затиснутої у трикулачковому патроні, може призвести до викривлення оброблюваного отвору внаслідок деформації заготовки під дією тиску кулачків патрона. Після розтискування патрона деформовані відрізки втулки займають попереднє положення та розточений отвір виходить не круглим (рис. 1.3.3).[1,8]

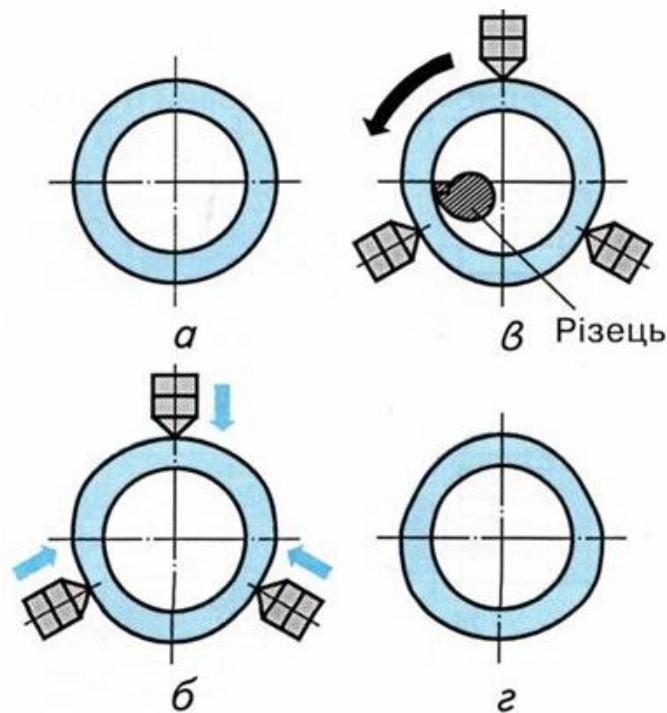


Рис.1.3.3. Схема деформування тонкостінної втулки після затискання в трикулачковому патроні: а-трубчаста заготовка; б-затискання заготовки; в-розточування; г-вигляд деталі після розтискання кулачків

Тому рекомендується для закріплення тонкостінних втулок застосовувати розрізну втулку (рис. 1.3.4, а) або широкі (сегментні) чи подовжені кулачки патрона (рис. 1.3.4, б, в).

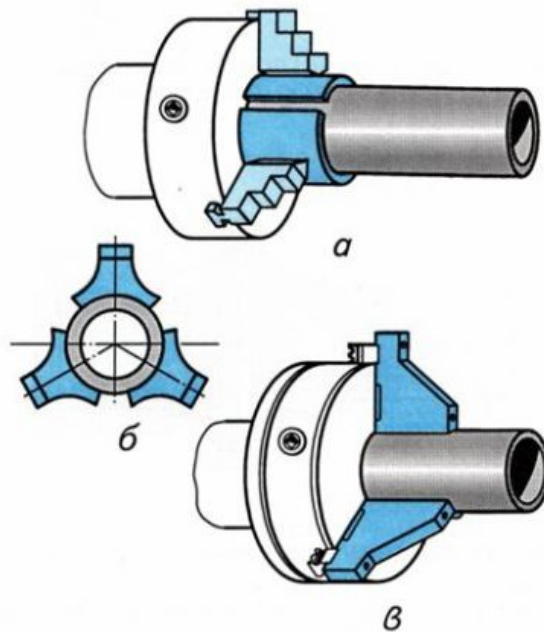


Рис.1.3.4. Раціональні способи закріплення тонкостінних втулок (гільз) у трикулачковому патроні: а-через розрізну втулку; б – у широких (сегментних) кулачках; в- у подовжених кулачках

Для закріплення гільз із товщиною стінки 1...2 мм доцільно застосовувати гідропластний патрон (рис. 1.3.5). Заготовку встановлюють у еластичну затискну втулку 7. Тяга пневмоциліндра, переміщуючись вправо, тисне на плунжер 5, який передає тиск гідропласту 8. Гумоподібний гідропласт деформує еластичну втулку 7, що й затискує заготовку. Якщо немає стиснутого повітря, затискування можна здійснити за допомогою гвинта 2 та плунжера 3. Зовнішнє обточування тонкостінних гільз виконують при закріпленні заготовки по отвору на цанговій розтискній або на гідропластних оправках. Оправка із гідропластом забезпечує точність центрування отвору по відношенню до зовнішньої поверхні у діапазоні 0,01 0,03 мм. [27]

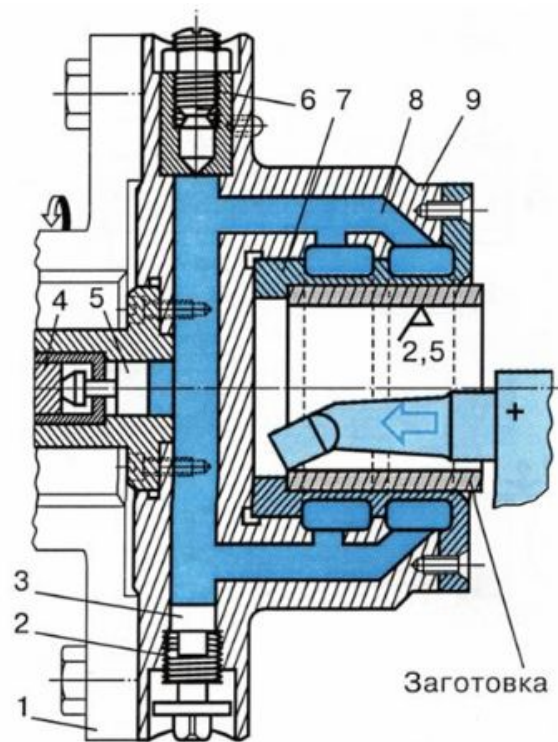


Рис.1.3.5. Застосування гідропластного патрону для закріплення тонкостінної втулки (гільзи): 1 – планшайба; 2- гвинт; 3,5 – плунжери; 4 – таяга від пневмоциліндра; 6- пробка; 7 – затискна втулка; 8 – гідро пласт; 9 - корпус

Оправки для обробки порожнистих деталей та деталей із центральним отвором

Консольні та центрові оправки застосовують для установки із центральним базовим отвором втулок, кілець, шестерні, оброблюваних на багато різцевих, шліфувальних та інших верстатах. При обробці партії таких деталей потрібно отримати високу концентричність зовнішніх та внутрішніх поверхонь та задану перпендикулярність торців до осі деталі. [27]

Залежно від способу установки та центрування оброблюваних деталей консольні та центрові оправки можна поділити на наступні види: 1) жорсткі (гладкі) для установки деталей із натягом або зазором; 2) розтискні цангові; 3) клинові (плунжерні, кулькові); 4) із тарілчастими пружинами; 5) самозатискні (кулачкові, роликові); 6) із центрувальною пружною втулкою.

На рис. 1.3.6, а показана гладка оправка 2, оброблювана деталь 3 встановлена на циліндричній частині. Тяга 6, закріплення на штоку пневмоциліндра, при переміщенні поршня з штоком вліво головкою 5 натискає на швидкозмінні шайбу 4 та затискає деталь 3 на гладкій оправці 2. Оправлення конічної частиною уставляється у конус шпинделя верстата. При затиску оброблюваної деталі на оправці осьова сила Q на штоку механізованого приводу викликає між торцями шайби 4, уступом оправки та оброблюваною деталлю 3 момент від сили тертя, більший, ніж момент $M_{\text{різ}}$ від сили різання P_r . [27]

На рис. 1.3.6, б показана оправка 2 із розрізною втулкою 6, на якій встановлюють та затискають оброблювану деталь 3. Конічної частиною 1 оправку 2 вставляють у конус шпинделя верстата. Затиск та розтиск деталі на оправці виробляють механізмованим приводом. При подачі стислого повітря у праву порожнину пневмоциліндра поршень, шток та тяга 7 рухаються вліво та головка 5 тяги із шайбою 4 переміщує розрізну втулку 6 по конусу оправки, поки вона не затисне деталь на оправці. Під час подачі стисненого повітря у ліву порожнину пневмоциліндра поршень, шток та тяга переміщуються вправо, головка 5 із шайбою 4 відходять від втулки 6 та деталь розтискається. [27]

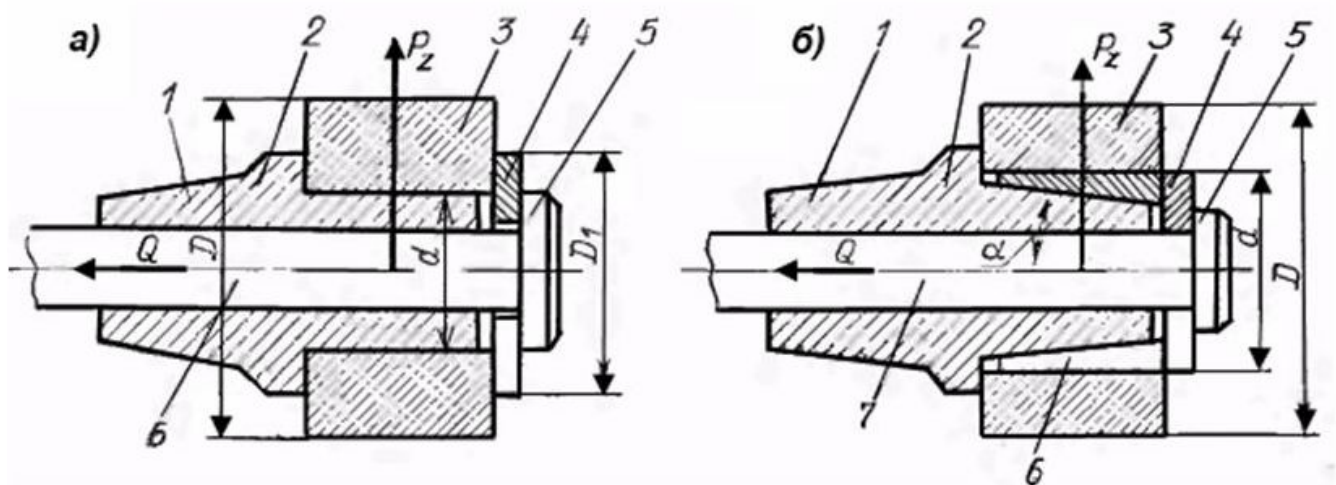


Рис.1.3.6. Конструкції оправок: а- гладка оправка б – Оправка з розрізаною втулкою

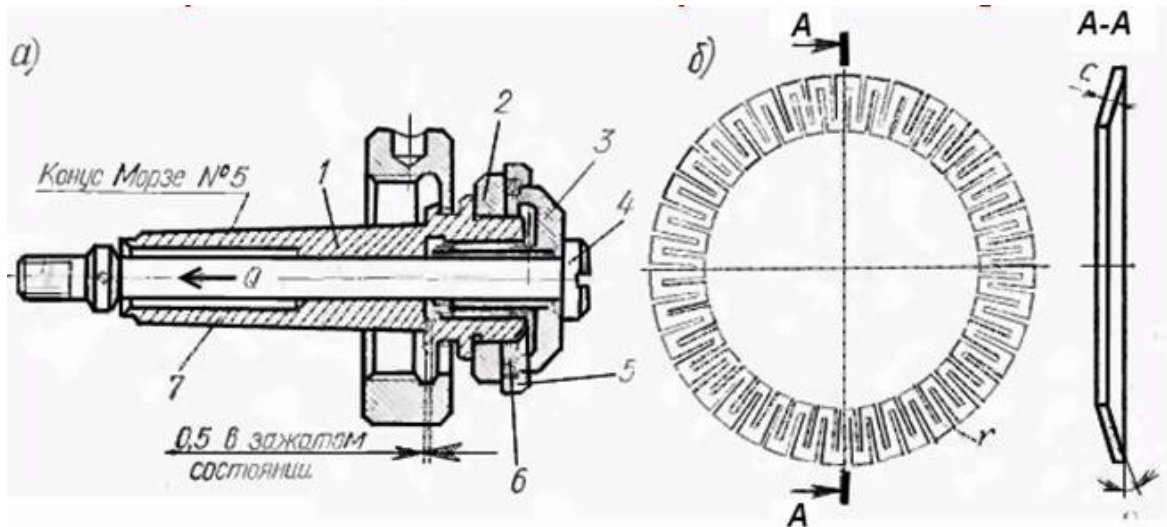


Рис.1.3.7. Консольна оправлення з тарілчастими пружинами (а) і тарільчата пружина (б)

Оправки та патрони із тарілчастими пружинами застосовують для центрування та затиску по внутрішній або зовнішній циліндричній поверхні оброблюваних деталей. На рис. 1.3.7, а, б відповідно показані консольна довідка із тарілчастими пружинами та тарільчата пружина. Оправлення складається із корпусу 7, упорного кільця 2, пакету тарільчастих пружин 6, натискній втулки 3 та тяги 1, сполученої із штоком пневмоциліндра. Оправку застосовують для установки та закріплення деталі 5 по внутрішній циліндричній поверхні. При переміщенні поршня зі штоком та тягою вліво остання головою 4 та втулкою 5 натискає на тарільчасті пружини 6. Пружини випрямляються, їх зовнішній діаметр збільшується, а внутрішній зменшується, оброблювана деталь 5 центрується та затискається. [27]

Розмір настановних поверхонь пружин при стисненні може змінюватися у залежності від їх розміру на 0,1-0,4 мм. Отже, базова циліндрична поверхня оброблюваної деталі повинна мати точність 2-3-го класів.

Спосіб установлення деталей із використанням двох кулачків та звичайного трикулачкового патрона

На токарних верстатах використовують двокулачкові, трикулачкові, чотирикулачкові, а також повідкові та спеціальні патрони. Привод патрона може бути ручним, електричним, гідравлічним тощо. Патрони закріплюються на шпинделі, на різьбі, або на фланці. Будова двокулачкового патрона (рис.1.3.8).

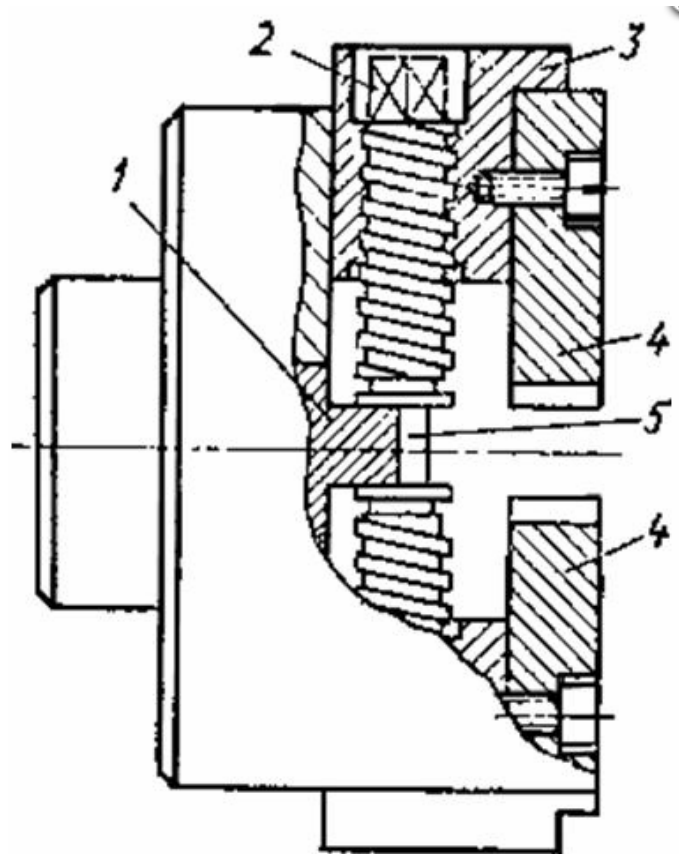


Рис.1.3.8. Будова двокулачкового патрона.

Переміщення основних кулачків 3 цього патрона здійснюється гвинтами 2, один кінець котрого має праву, а другий ліву різьбу. Відповідно кулачки 3 також мають різьбу. у середній частині гвинта 2 виконана шийка 5 із заплечиками, охоплюючими полупідшипник 1, прикріплений к корпусу патрона. Остільки гвинт 2 не може переміщуватися у осьовому напрямку, при його обертанні одночасно переміщуються кулачки 3 із закріпленими на них накладними кулачками 4, котрі та затискають заготовку. [27]

Форма накладних кулачків 4, виготовлена спеціально до обробки одної, або кількох деталей, дозволяє забезпечити їх центрування при установці та закріпленні. На рис.1.3.9. зображені примірні конструкції деталей, оброблювальних за допомогою двокулачкових патронів.

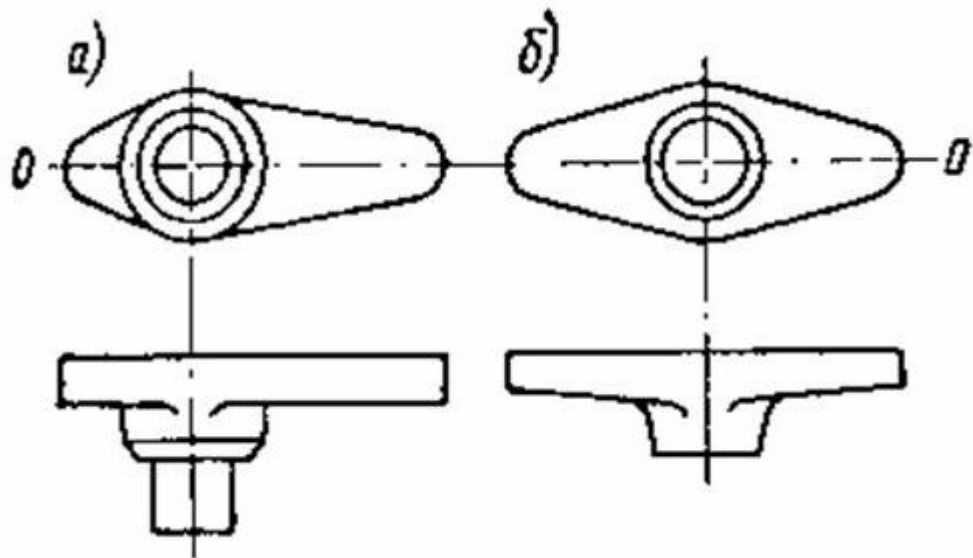


Рис.1.3.9. Приклади деталей закріплених в двокулачковому патроні

Цей патрон використовують у таких випадках:

- Якщо поверхня за яку закріплюється та за допомогою якої центрується деталь, має не циліндричну форму, але симетричну відносно однієї осі;
- Якщо поверхня, за яку закріплюються та за допомогою якої центрується деталь, має циліндричну форму, але кулачки трикулачкового патрона не мають доступу до цієї поверхні та потрібні накладні кулачки спеціальної форми, наприклад, як показано на рис.1.3.10. [27]

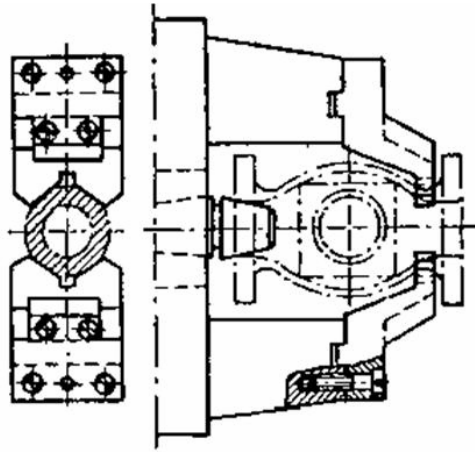


Рис.1.3.10. Приклад наладки двокулачкового патрона

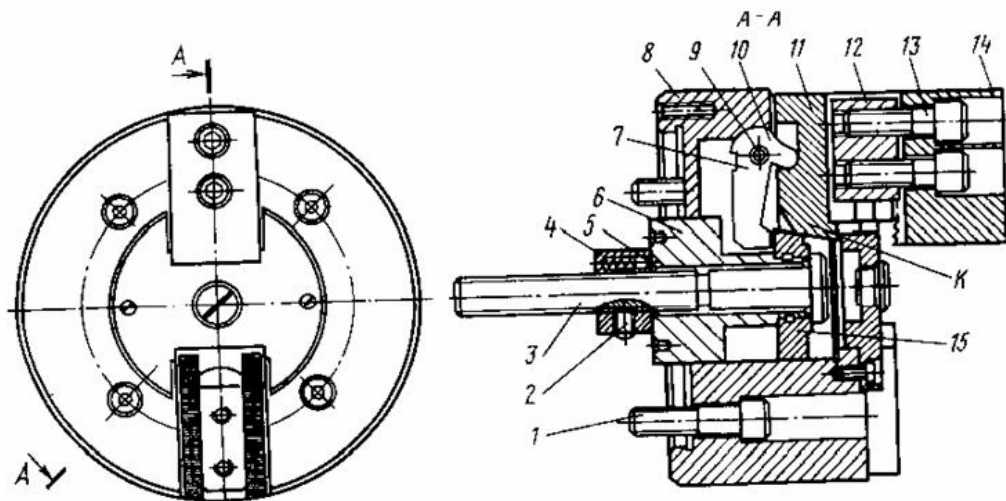


Рис.1.3.11. Двокулачковий рычажний патрон зі змінними кулачками;
1- гвинт; 3 – тяга; 2,4 і 5 - деталі з'єднування; 6 – втулка; 7 – поверхні; 8 –
корпус; 9 – ось; 10 – рычаги; 11 – повзуни; 12 – сухарі; 13 – гвинти; 14 –
кулачки; 15 – упор.

Принцип дії патрона

На рис.1.3.11 змінні кулачки 14 попередньо установлюють по заготовці (відносно осі обертання) шляхом зміщення сухарів 12 по пазам у повзунах 11. повзуни 11 переміщуються до центра патрона ричагами 10. Ричаги рухаються до упора 15 (з тягою 3) повертаються коло осі 9. Переміщення повзунів 11 (разом із кулачками 14) від центра патрона виконується конічною поверхнею упора 15, при русі тяги 3 назад, зв'язаній із упором за допомогою прямої втулки 6 та з'єднувальних деталей 2,4 та 5. Кріплення патрона виконується за допомогою гвинтів 1. [27]

Розширення межі використання трикулачкового патрона

Для закріплення довгих, або коротких, але більших діаметрів деталей використовують спеціальні накладні кулачки (рис.1.3.12,а,б). Накладні кулачки часто виготовляють “ сирими ”, що дає можливість проточувати робочі поверхні кулачків після їх закріплення на основних кулачках. Проточити кулачки слід виконати на тій верстаті, на якому буде робити цей патрон. Робочі поверхні кулачків слід шліфувати, використовуючи для цього переносну шліфувальну машинку. [27]

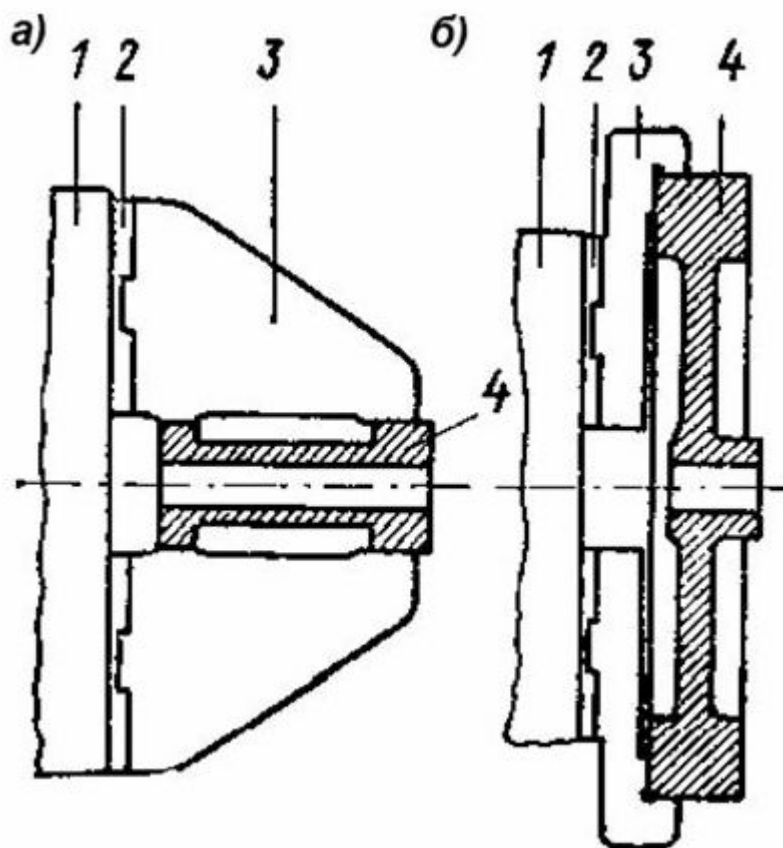


Рис.1.3.12 Спеціальні накладні кулачки

Обробка деталей із використанням патронів різної конструкції та планшайби

1. Обточування диску із круглої заготовки із використанням трикулачкового патрона та притисків тертя. Круглу заготовку 2 диска (рис.1.3.13,а) підставляють до упору 1 та попередньо підтисковують до нього підтиск 3 за допомогою оберտального центра 4, встановленого у піноль задньої бабки. Положення диска вимірюється рейсмусом та остаточно підтиснуть, обточити диск різцем 5. [27]

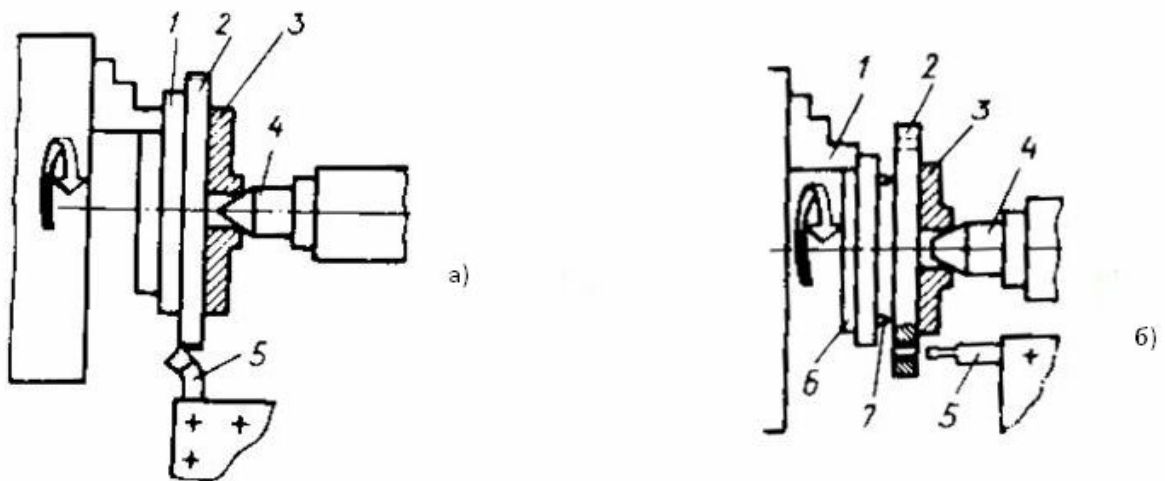


Рис.1.3.13 Точіння заготовки типу диск

2. Обточування диск із квадратної заготовки із використанням планшайби із штифтами. Планшайбу із загартованими штифтами 7 установлюють та закріплюють у трикулачковий патрон, підтиснуть заготовку 2 притиском 3. Вирізають відрізним різцем із квадратної заготовки диск із припуском на обробку та потім обточують його. [27]

3. Обточують трубу великого діаметра та більшої довжини у трикулачковому патроні (рис.1.3.14).

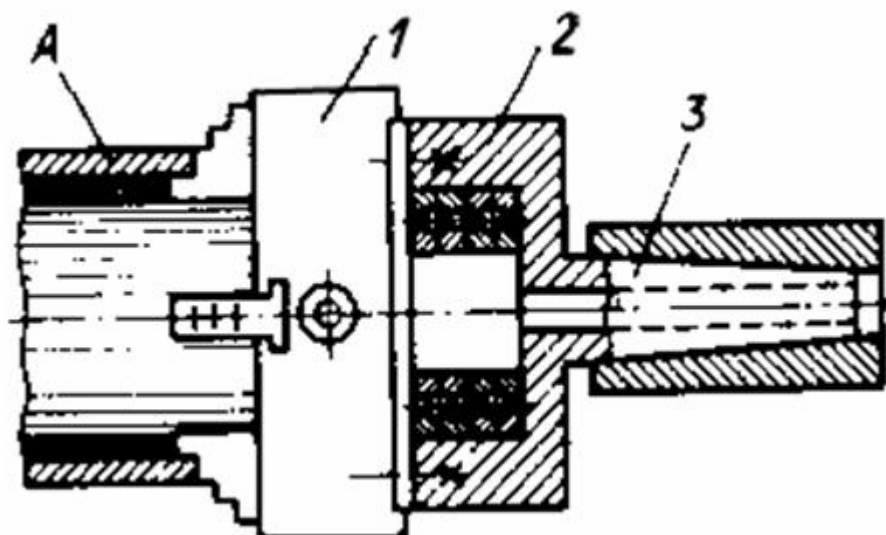


Рис.1.3.14. Закріплення труби в патроні

Труба А другим кінцем закріплюється у патрон 1, установленому на шарикопідшипниках у державці 2, яка своїм конічним хвостовиком 3 вставлена у піноль задньої бабки верстата. [27]

Базування та закріплення тонкостінних деталей

Обробка тонкостінних деталей пов'язана із низкою складнощів, одна із яких - деформація деталі при закріпленні на верстаті. Деформації впливають на точність деталі після обробки. Існують стандартні шляхи вирішення цієї проблеми: це розподіл затискного зусилля за рахунок збільшення числа точок докладання або за рахунок збільшення площі контакту, регулювання затискного зусилля. [27]

Основними стандартними рішеннями у цьому випадку до недавнього часу вважалися сегментні кулачки та застосування розтискних оправок або цангових патронів. Ці рішення мають суттєві недоліки.

Сегментні кулачки мають великі розміри та вага, відповідно, великі та виникають у процесі обробки відцентрові сили. у процесі обробки, наприклад, при затиску деталі за зовнішній діаметр, кулачки під дією відцентрової сили прагнуть розійтися, та затискний зусилля повинне бути досить для протидії відцентровій

силі. Навіть якщо до обробки при затиску деталі деформацій не виникало, то після зняття припуску, при зупинці верстата, відцентрова сила зникне, а кулачки під дією затискної сили зійдуться - великий ризик виникнення деформацій. [27]

Зниження сили затиску небезпечно, по-перше, із точки зору безпеки процесу, оскільки його може виявитися недостатньо для надійного закріплення заготовки, та у цьому випадку можна не тільки позбутися заготовки, але і вивести із ладу дороге устаткування, та може підвергнути небезпеці життя працівника.

Застосування цангового патрона або розтискної оправки обмежена по затискні діаметру, та крім цього дане рішення потребує великих фінансових витрат на придбання та витрат на переналагодження верстата.

Шестикулачкові токарні патрони.

Токарні патрони ROTANCR 6-кулачкові патрони ROTANCR - унікальне технічне рішення для ефективного затиску тонкостінних деталей. Конструкція даного патрона заснована на русі попарно хитних затискних кулачків. Два базових кулачка завжди попарно зв'язані один із одним маятниковим мостом. Це дозволяє підвищити точність центрування заготовки. Якщо маятниковий міст заблокувати, то патрон буде працювати як самоцентруючий. Крім того за рахунок рівномірного розподілу затискного зусилля по 6 точкам знижуються деформації. [27]

Концепція 6-кулачкового патрона із хитними кулачками знайшла розвиток у серії патронів ROTANCS. Це повністю герметичні токарні патрони із ефектом притягання оброблюваної деталі до бази. Патрон дозволяє не тільки центрувати заготовку із високою точністю за рахунок попарно хитних кулачків, знизити деформації деталі за рахунок рівномірного розподілу затискного зусилля, але та забезпечити мінімальне радіальне та торцеве биття деталі за рахунок ефекту притягання. [27]

Використання мембранних патронів

Мембранні патрони застосовують, якщо необхідно зробити оброблення партії деталей з більш високою точністю центрування.[26]

У мембранному патроні ріжкового типу (рис. 1.3.15, а, б) оброблювану заготовку 1 встановлюють між торцями гвинтів 4, що через ріжки 3 пов'язані з мембраною 2. При прогині мембрани в бік заготовки кінці ріжків з гвинтами розходяться і звільняють заготовку, а при знятті навантаження з мембрани закріплюють її. Настроювання патрона на розмір заготовки та підсилення затискача регулюється пересуванням гвинта. [26]

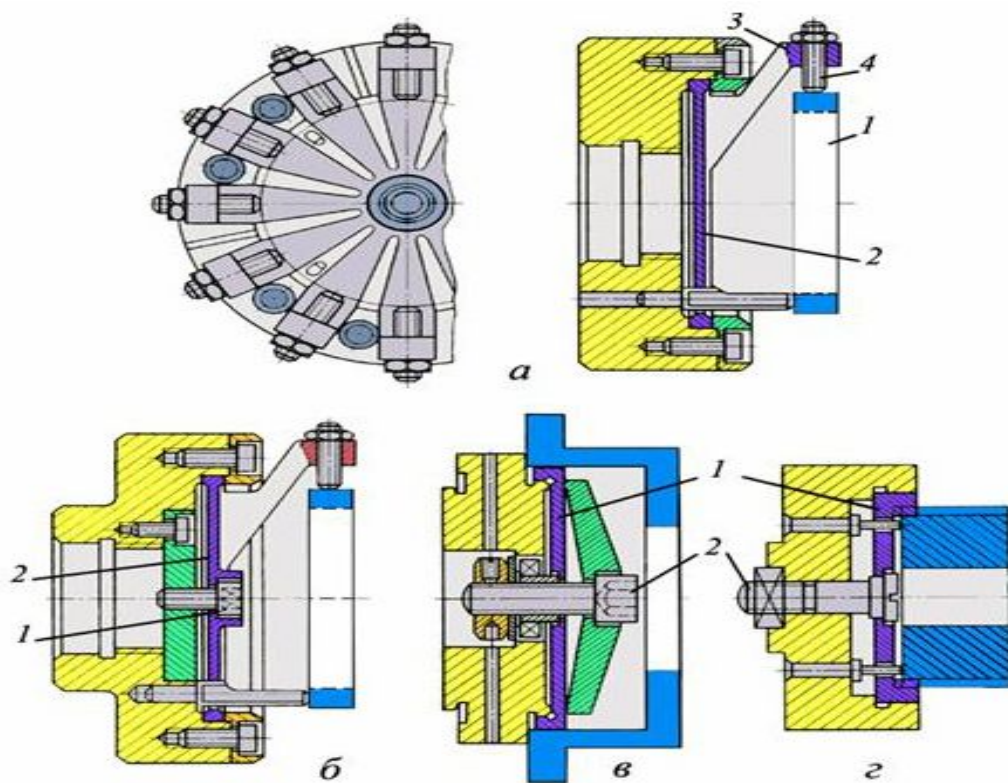


Рис.1.3.15. Мембранні патрони: а- ріжкового типу; 1- заготовка; 2 – мембрана; 3 – ріжки; 4 – гвинт; б – ріжкового типу; 1 – гвинт; 2 – мембрана; в, г – чашкового типу; 1 – мембрана; 2- гвинт

Мембранні патрони чашкового типу дозволяють закріпити заготовку за внутрішню (рис. 1.3.15, в) та зовнішню (рис. 1.3.15, г) поверхні. Закріплення

заготовки в обох випадках відбувається за допомогою мембрани 1 при затягненні гвинта 2.

Способи закріплення заготовок на верстаті

Спосіб установа та закріплення заготовок на верстаті вибирають у залежності від розмірів, жорсткості та потрібної точності обробки. Заготовки при $l/D < 4$ (де l — довжина оброблюваної деталі, D — її діаметр) закріплюють у патроні, при $l/D > 4$ — у центрах або в патроні з підтисканням заднім центром, при $l/D > 10$ у центрах верстата або в патроні та центрі задньої бабки з підтримкою люнетом. [22]

Заготовку на токарному верстаті оброблюють у центрах, якщо необхідно забезпечити концентричність оброблюваних поверхонь при переустановленні заготовки для наступного оброблення в центрах на шліфувальному верстаті.

Заготовки закріплюють у центрах із застосуванням токарних оправок 2 (рис. 1.3.16), які встановлюють у попередньо оброблений отвір заготовки. На середню частину оправки (рис. 1.3.16, а), виконану з малою конусністю (зазвичай 1:2000) і попередньо змащену, встановлюють з натягом заготовку 1. Для створення натягу роблять легкі удари по торцю оправки дерев'яною киянкою або молотком з мідною накладкою з тим, щоб не пошкодити торці оправки і центрові отвори. Лиска 3 оправки служить опорою для болта, яким закріплюють хомутик. При базуванні по цьому способу положення всіх оброблюваних заготовок 4 уздовж осі оправки 1 не однакове і залежить від відхилень розмірів отвору. [26]

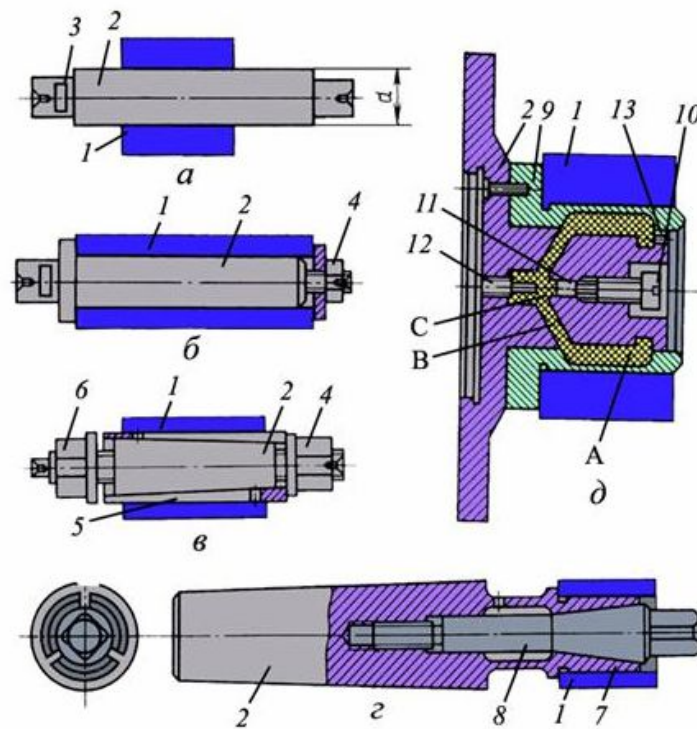


Рис.1.3.16. Токарні оправки (а, б, в, г, д): 1 – заготовка 2 – оправка 3 – лиска 4,6 – гайка 5 – цанга 7 – циліндрична поверхня 8 – болт 9 – втулка 10 – гвинт 11 – плунжер 12 – упор 13 - пробка

Заготовку 1 можна закріпити на циліндричній оправці 2 за допомогою гайки 4 та швидкозмінної шайби (рис.1.3.16, б). Зовнішній діаметр гайки зазвичай менший за посадковий діаметр оправки, що дозволяє значно скоротити час на зміну заготовки. При цьому способі базування точність оброблення знижується, оскільки деталь установлюється на оправку із зазором. [26]

Коли отвори заготовки мають значно більші відхилення діаметра, застосовують цангові (розтискні) оправки (рис. 1.3.16, в). Цанга 5 являє собою втулку, внутрішня поверхня якої конічна, а зовнішня, призначена для базування закріпленої заготовки 1,— циліндрична.

Цангу із заготовкою пересувають і закріплюють на оправці гайкою 4, а звільнюють протилежною гайкою 6, попередньо ослабивши гайку 4. Пружні властивості цанги 5 забезпечуються наявністю поздовжніх прорізів з обох торців.

Шпиндельну оправку 2 (рис. 1.3.16, г) конусною поверхнею встановлюють у шпиндель верстата. Заготовку 1 установлюють на посадкову з прорізами циліндричну поверхню 7. Натяг між циліндричною частиною 7 оправки й оброблюваною заготовкою створюють болтом 8 з конічною головою.

Для закріплення деталей можуть бути застосовані оправки з пружною оболонкою (рис. 1.3.16, д). Корпус оправки 2 кріпиться до фланця шпинделя верстата. На корпусі закріплюється втулка 9, канавки якої разом із канавками корпуса утворюють порожнини А, В, С, заповнювані гідропластом. При обертанні гвинта 10 плунжер 11 пересувається, видавлюючи гідропласт з порожнини С в порожнину Л. Тонка стінка втулки під тиском гідропласта деформується, збільшуючи посадковий діаметр втулки і створюючи натяг при закріпленні заготовки 1. Упор 12 обмежує пересування плунжера 11, а пробка 13 закриває отвір, через який виходить повітря при заповненні порожнин оправки гідропластом.

До самоцентруючих клинових механізмів відносяться конічні оправки з клиновими кулачками (рис. 1.3.17). З конічною поверхнею корпусу 1 через шпонки взаємодіє конічна втулка 2, розрізана на шість частин, і пов'язана через внутрішнє розточування зі штоком приводу. Шток, переміщаючись з силою Q в лівому напрямку, змушує переміщатися конічні кулачки в радіальному напрямку до взаємодії із заготовкою і закріплює її. Зворотне переміщення кулачків на розтиснення відбувається під дією гумових кілець[

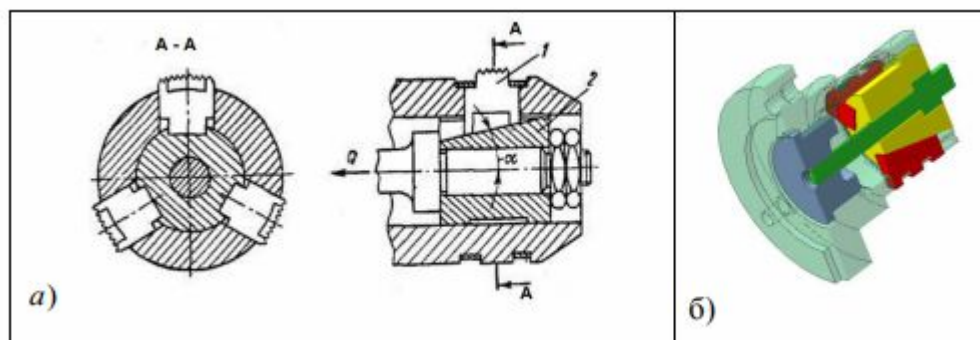


Рис.1.3.17. Конічна оправка з клиновими кулачками: а) креслення, б) 3-д модель.

Клиноплунжерні оправки також відносяться до самоцентруючих клинових затискних механізмів. [25]

На штоку приводу, що переміщається з силою Q , розміщена втулка 2 з трьома площинами, виконаними під кутом α . Плунжери 1, встановлені в направляючі корпусу оправлення, переміщуються в радіальному напрямку, взаємодіючи з площинами втулки 2 при переміщенні штока вліво.

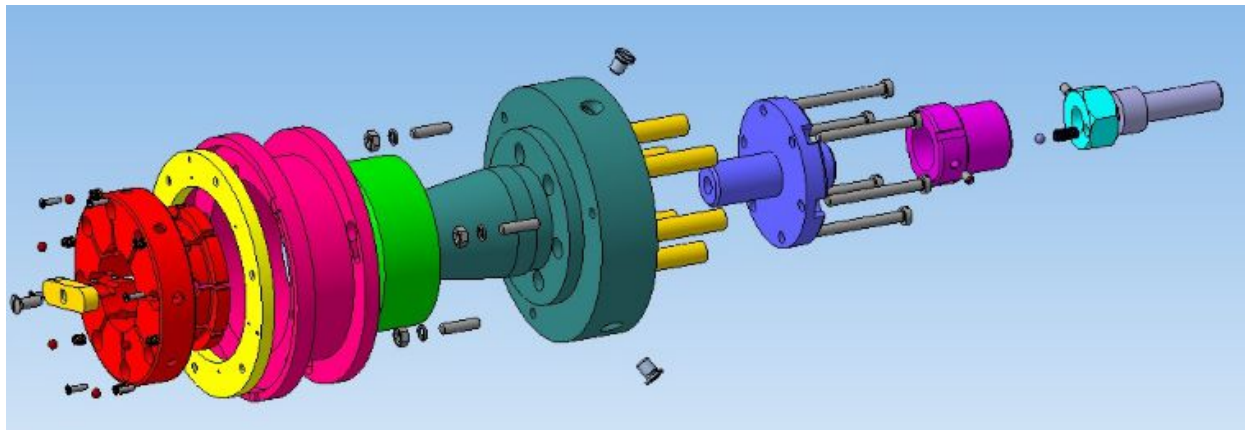


Рис. 1.3.18 . 3D модель патрона розтискного шести точкового патрона [16]

Пропонований патрон відрізняється від відомих тим, що кільцевий виступ цанги виконаний складеним з двох частин, перша з яких має циліндричну базу, а друга (змінна) має форму базуємої поверхні і фіксується на першій за допомогою радіальних пружно встановлених в ній елементів, наприклад порожнистих циліндричних пальців. [2]

Таке виконання патрона розширює його технологічні можливості.

На кресленні зображений пропонований патрон в розрізі.

На шпинделі 1 верстата закріплений корпус 2, з конічною цапфой 3, на яку надіта розжимна цанга, 4, взаємодіюча з болтом 5 приводної тяги 6, штифтами 7 і охоплює її цангою 8, прикріпленою до корпусу патрона гвинтами 9.

Кільцевий виступ 10 цанги 8 виконаний з двох частин, перша 11 з яких має циліндричну базу, а друга (змінна) розташована в отворах 12 першій частині і виконана у вигляді пальців 13 з пружинами 14 стиснення. Отвори 12 розташовані під кутом 120° один до одного. [24]

Форма робочого кінця пальців 13 відповідає формі поперечного перерізу жолоба в заготівлі кільця 15.

При встановленні кільця 15 для обробки пальці 13 заходять в його сферичну поверхню. Цим вони орієнтують його в повздовжньому напрямі. При переміщенні вліво тяги 6 привода патрона болт 5 насувається на конічну цапфу 3 цанги 4. Цанга 4 розтискується та розводить пелюстки цанги 8. При цьому кільцевий виступ цанги орієнтує кільце 15 в поперечному напрямі та затискує його.

Для зняття обробленого кільця підшипника цангу 6 переміщують вправо. А штифти 7 зіштовхують цангу 4 з конічної цапфи 3, кільце 15 розтискується та його можна зняти з пальців 13.[9]

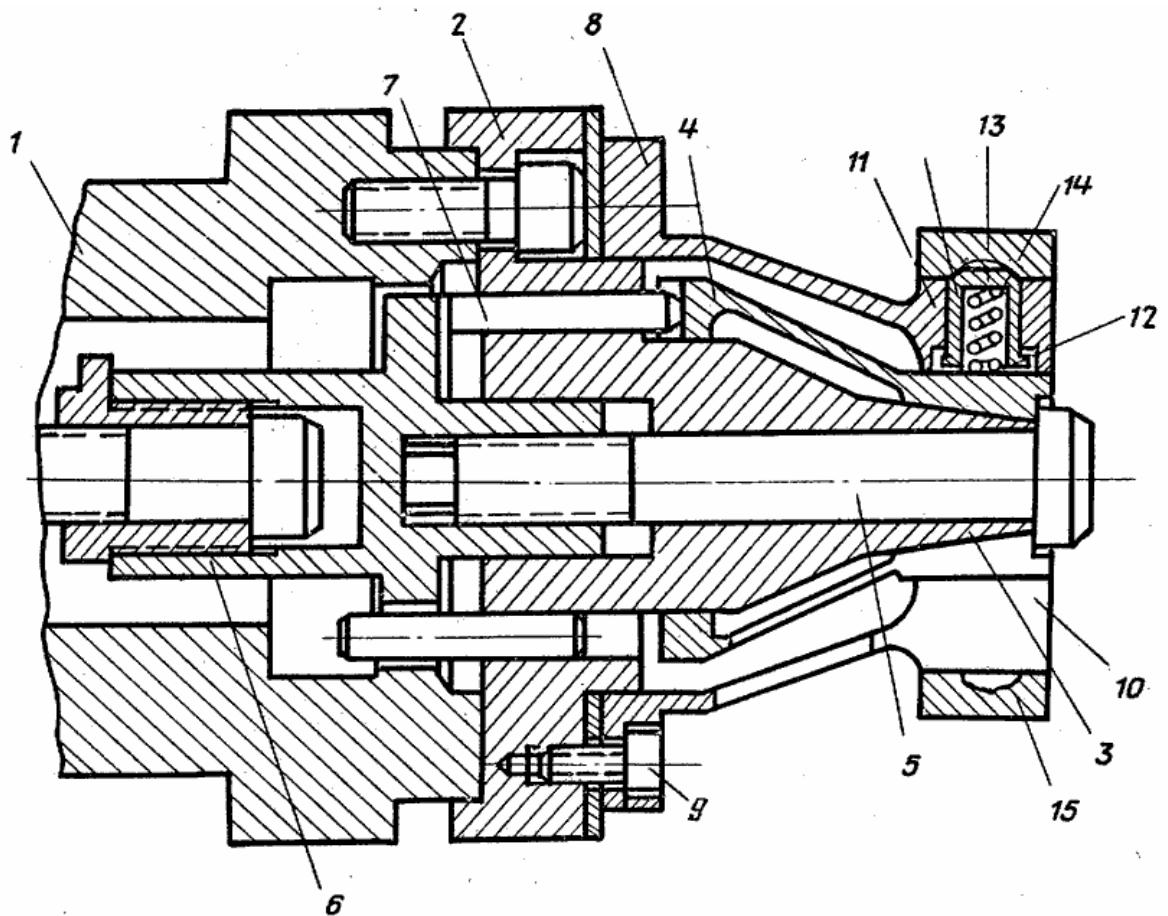


Рис.1.3.19. Розтискний цанговий патрон по А.с. СРСР №442437

Недоліком даного патрону являється те, що виготовити цангу для нього досить складне завдання. При термообробці цанги можуть виникнути деформації її форми в місцях з тонким шаром метала.

1.4. Опис розробленої конструкції розтискного патрона для обробки зовнішнього кільця кулькового підшипника

Розтискний патрон забезпечує більш високу точність обробки і її стабільність в процесі експлуатації, більш високу надійність і довговічність, може застосовуватися замість цангових оправок і дозволяє здійснити обробку двох протилежних торців з одного встановлення.[12]

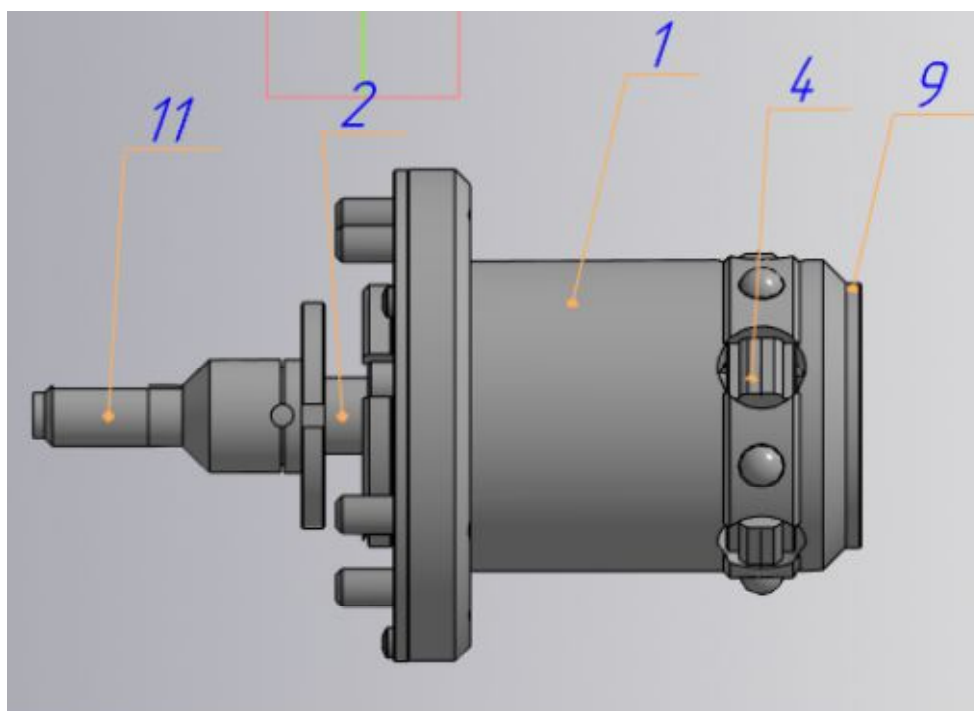


Рис. 1.4.1D модель «Модернізованого розтискного патрона»

Розтискний патрон для закріплення деталі, в корпусі якого встановлена задня тяга та розташована під дією пружини передня тяга з клиновими робочими поверхнями, призначені для взаємодії з двома рядами затискних елементів, і споряджений між торцями поршня та передньої тяги пружиною, а затискні елементи споряджені на бічній поверхні ненаскрізними радіальними пазами для взаємодії з штифтами в корпусі.

Розтискний патрон для закріплення деталі, в корпусі якого встановлена задня тяга та розташована під дією пружини передня тяга з клиновими робочими

поверхнями, призначені для взаємодії з двома рядами затискних елементів, і споряджений між торцями поршня та передньої тяги пружиною, а затискні елементи споряджені на бічній поверхні ненаскрізними радіальними пазами для взаємодії з штифтами в корпусі. [10]

Розтискний патрон містить корпус 1, в якому розміщений шток 2 осьового приводу з клиновими поверхнями 3. Ці поверхні взаємодіють з відповідними поверхнями на затискних кулачках 4. У корпусі також розміщені штовхачі 5, жорстко пов'язані одним кінцем зі штоком 2 за допомогою фланця 6, закріпленого на штоку. З протилежного боку штовхачів 5 виконана конічна поверхня, призначена для взаємодії з затискними кулачками 4. На останніх виконані конічні отвори 7, в які входять штовхачі 5. Штовхачі розміщені в корпусі 1 патрона таким чином, що при затиску заготовки 8 штовхачі відходять вліво, при цьому між поверхнями отворів 7 в кулачках і штовхачами витримується зазор 0,2-0,3 мм. З торця патрон закритий кришкою 9, що захищає від потрапляння всередину стружки. Розтискний патрон кріпиться до шпинделя верстата за допомогою болтів 10. Затиск заготовки 8 зсередини по сферичній або тороидальній поверхні здійснюється кулачками. При розтисненні шток 2 переміщається вправо і кулачки 4 переміщуються до центру оправки. При цьому вони взаємодіють конічні зовнішні поверхні штовхачів 5 з конічною поверхнею 7 кулачків 4. [13]

Основні деталі патрона наведені на рисунках 1.4.2 – 1.4.6

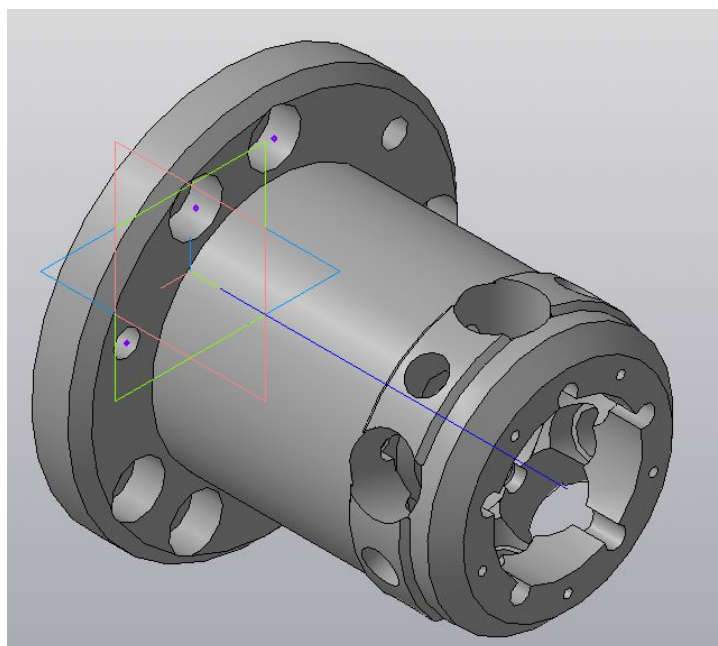


Рис.1.4.2. 3D модель корпусу патрона

В корпусі розташовуються більшість деталей патрона. По всьому корпусу зроблені отвори для його належної фіксації за допомогою гвинтів.

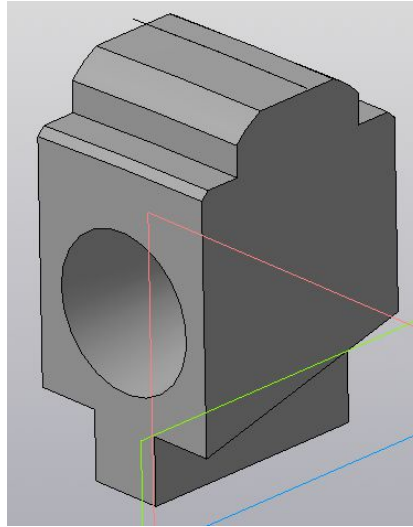


Рис.1.4.3. 3D модель кулака

Цей кулак виготовлений за формою проточки цільця підшипника, для надійної фіксації заготовки в патроні.

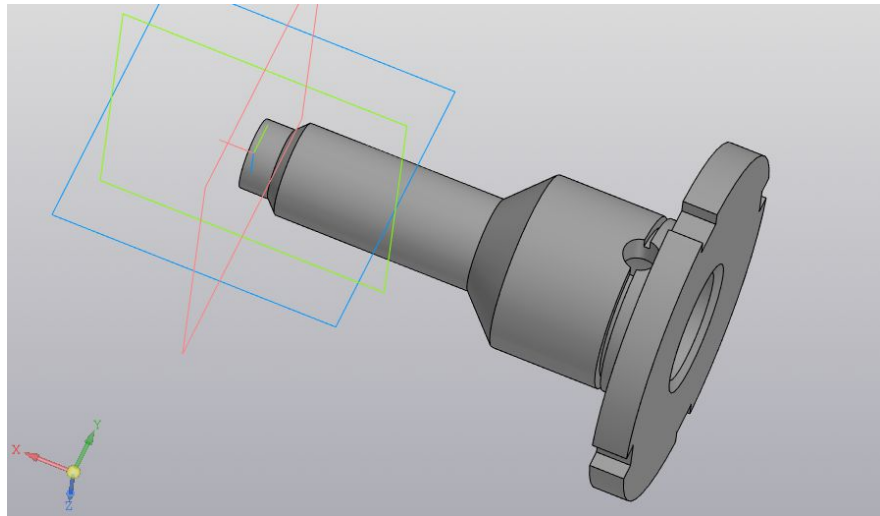


Рис.1.4.4. 3D модель тяги

Тяга передає зусилля на шток завдяки чому відбувається затиск заготовки.

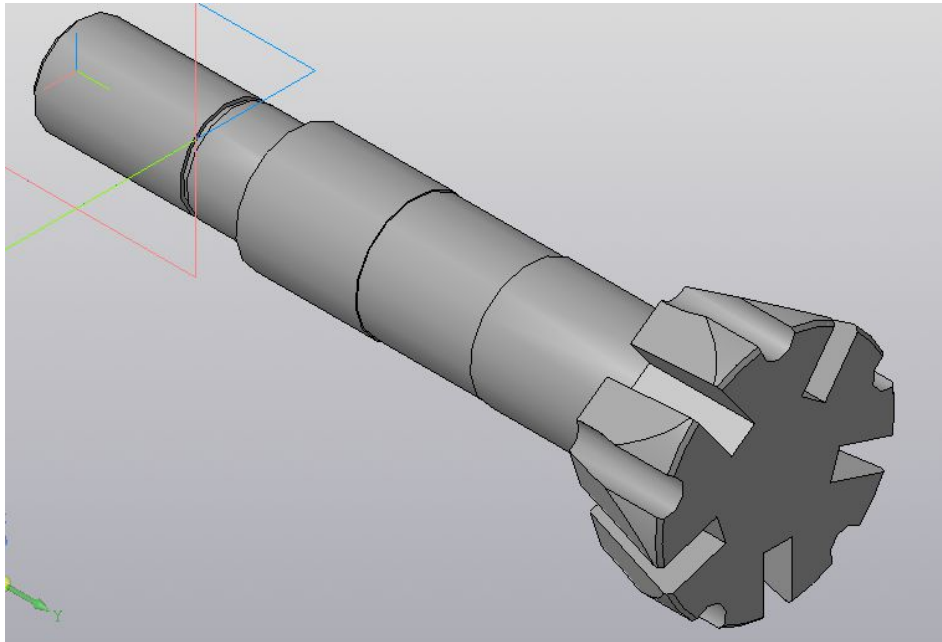


Рис.1.4.5.3D модель штока

Шток рівномірно розподіляє навантаження по п'яти штовхачам

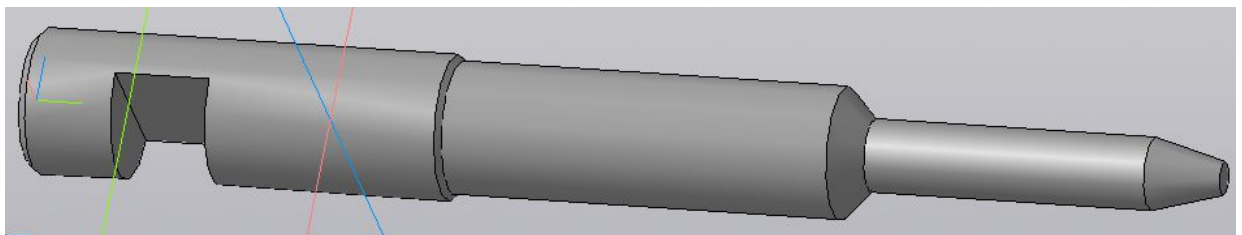


Рис.1.4.6.3D модель штовхача

Штовхач взаємодіє з конічною поверхнею кулачка, завдяки чому здійснюється закріплення заготовки на патроні.

2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок сили різання P_z , яка виникає при точінні зовнішньої поверхні

Вихідні дані:

Діаметр заготовки:

Матеріал заготовки: Сталь підшипникова ШХ-15, $\sigma_B = 1570 \text{ МПа}$. Спосіб одержання заготовок - обробка матеріалу тиском, а саме штампування в горизонтально –ковальській машині. Маса заготовки такої конфігурації орієнтовно буде на 10-15 % більшої від маси деталі ($m_d = 0,3 \text{ кг}$).

Готова деталь має вигляд та розміри (рис.2.1.1).

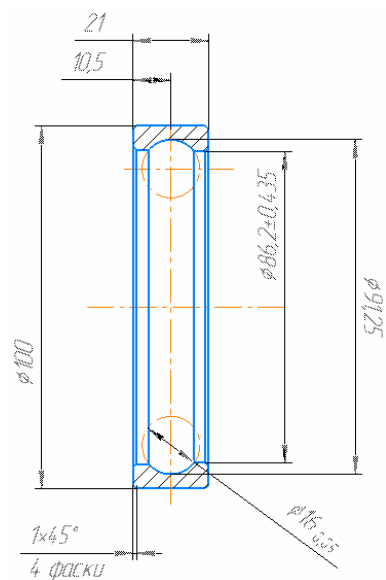


Рис. 2.1.1. Креслення готового кільця підшипника

Матеріал різця: сплав Т10К6.

При обробці зовнішньої поверхні глибина різання:

;

Подача: $S = 0,6$ мм/об.

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н.}$$

де C_p – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

x, y, n – показники степені;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об.;

V – швидкість різання, м/хв.;

K_p – узагальнений поправочний коефіцієнт, який враховує зміну умов відносно табличних

Швидкість різання, визначається за формулою:

$$[V] = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot h^{x_v} \cdot S^{y_v}};$$

C_v - постійний коефіцієнт, характерний нормативним умовам обробки;

K_v - загальний коректуючий коефіцієнт на швидкість різання, який враховує змінені умови обробки в порівнянні з нормативними, він може бути рівним проведенню декількох коефіцієнтів:

$$K_v = K_m \cdot K_n \cdot K_p,$$

T - період оптимальної стійкості, хв;

m - показник відносної стійкості;

x_v, y_v - показники степеня при t і S .

де за довідниковими даними для вибраних умов процесу оброблення будемо мати: $C_v=328$; $T_H=60$ для одноінструментного оброблення; $m=0,28$ $x_v=0,12$; $y_v=0,50$, якщо $[S]$ більше $0,30$ мм/об.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

Поправочний коефіцієнт на фізико-механічні характеристики матеріалу для підшипникових сталей з урахуванням границі міцності оброблюваного матеріалу:

$$K_{\text{EMBED Equation.3}} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v};$$

$$\text{де } K_r = 1, n_v = 0,5$$

$$K_{\text{EMBED Equation.3}} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{157} \right)^{0,5} = 2,19$$

K_{nv} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Для заготовок, що виготовлені методом прокату $K_{nv}=0,9$.

K_{iv} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив марки інструментального матеріалу на швидкість різання. При обробленні конструкційних сталей та сталевих литва твердосплавним інструментальним матеріалом марки T10K6, поправочний коефіцієнт на інструментальний матеріал буде складати $K_{iv}=1$.

Тоді загальний поправочний коефіцієнт визначається за загальною формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv};$$

$$K_v = 2,19 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,96.$$

Швидкість різання при точінні:

$$V = \frac{350 \cdot 1,96}{60^{0,28} \cdot 2^{0,12} \cdot 0,35^{0,50}} = 339,1 \text{ м/хв};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, хв-1:

$$n = \frac{1000 \cdot 339,1}{3,14 \cdot 38} = 2841,7 \text{ хв}^{-1};$$

З паспорту верстата знаємо про безступінчасте регулювання приводу головного

руху шпинделя: $n_{\text{верст}} = 2850 \text{ хв.}^{-1}$.

$$V = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 2850}{1000} = 340,01 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1};$$

Визначаємо тангенціальну складову сили різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н},$$

Де значення коефіцієнтів наступне:

$$C_p = 40;$$

$$x=1, y=0.75,$$

$$n=1;$$

$$K_{\varphi\nu} = 1; K_{\gamma\nu} = 1; K_{\lambda\nu} = 1; K_{rp} = 1 \quad K_{mp} = 1,0$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi\nu} \cdot K_{\gamma\nu} \cdot K_{\lambda\nu} \cdot K_{rp};$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 340,01^1 \cdot 1 = 139077,3 \text{ Н};$$

2.2 Розрахунок необхідного зусилля затиску заготовки у розтискному патроні

В процесі обробки заготовки на неї діє система сил. З одного боку діють складові сили різання, які прагнуть вирвати заготівлю з кулачків, з іншого - сили тертя перешкоджає цьому. Вони створюють відповідні моменти сил. З умови рівноваги моментів даних сил і з урахуванням коефіцієнта запасу визначаються необхідні затискне і вхідне зусилля.[14]

При силовому розрахунку таких патронів необхідно мати на увазі, що на заготовку в процесі обробки діють момент від тангенціальної складової сили різання, перекидний момент від радіальної складової та момент само встановлення на установочних елементах. Це пояснюється тим, що втулка 3 навантажена осьовою силою клина 1 і радіальною силою, створеної роликами, а втулка 5 навантажена тільки радіальною силою.

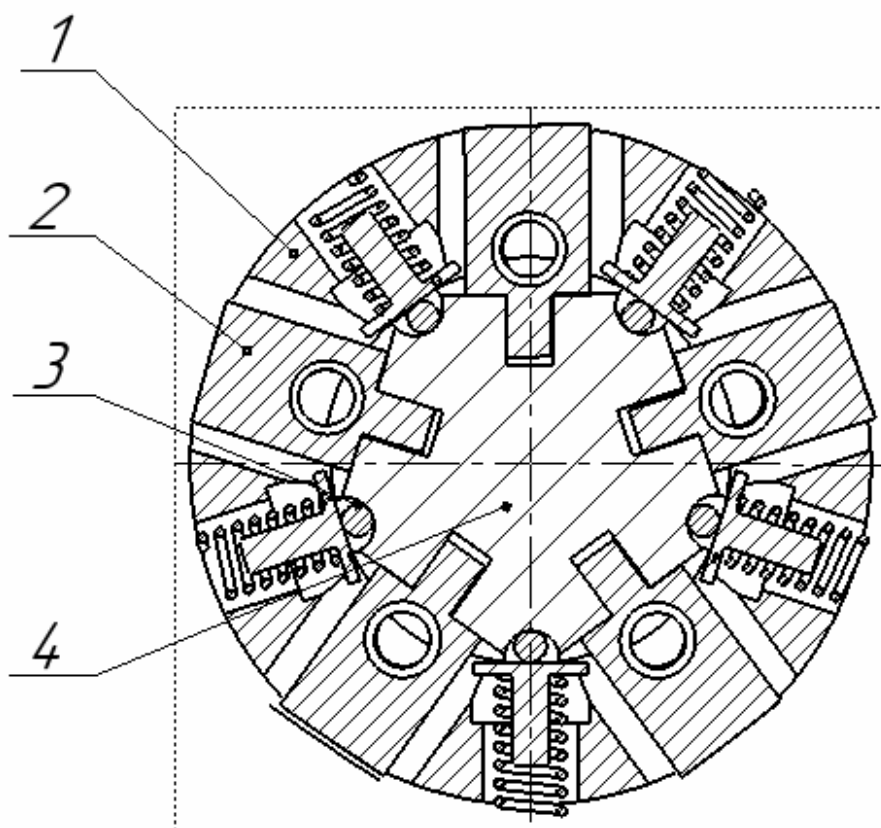


Рис.2.2.1. Поперечний переріз патрона по лінії затискних елементів:

1- корпус; 2 – кулак; 3 – штовхач; 5 шток

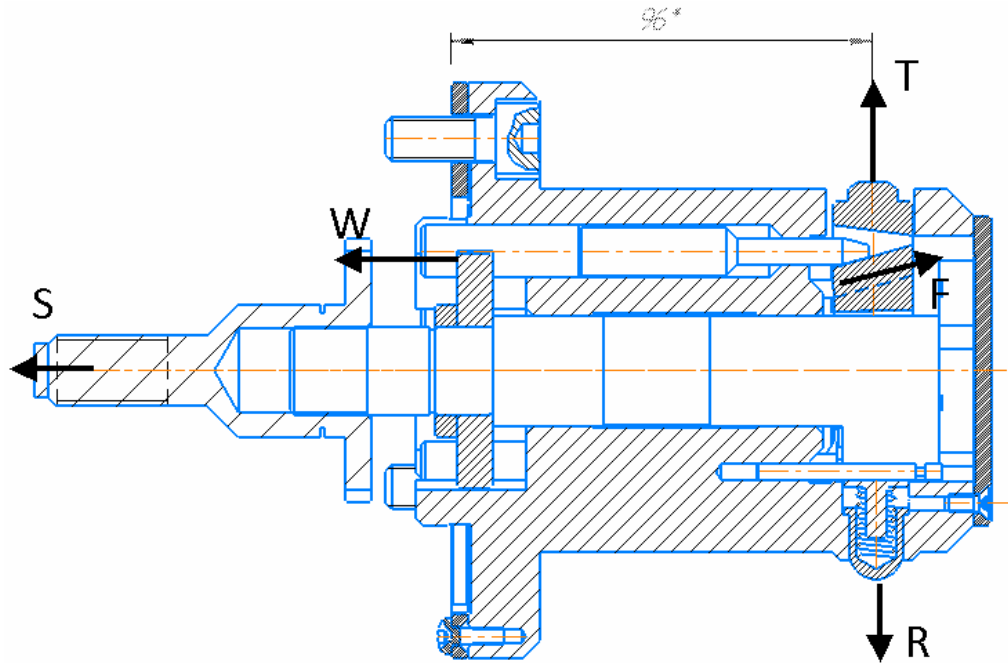


Рис.2.2.2. Розрахункова схема для визначення зусилля приводу розтискного патрона

Де S – зусилля на приводі затиску верстата, W – зусилля переміщення пружного елемента, F – зусилля тертя в парі затискний елемент – шток, R – сила пружності центруючі елементів, T – зусилля (сумарне) затиску деталі.

Зв'язок між тяговою силою приводу T такого патрону і вертикальною складовою сили різання P_z може бути знайдена із наступних міркувань.

Зусилля приводу затиску верстата витрачається на переміщення пружного елемента та створення зусилля затиску деталі. Рівняння рівноваги механізму затиску:

$$S = W + T \cos[(\alpha) + \varphi]$$

$$W = T \cdot f_2$$

Де f_2 – коефіцієнт тертя в стику пружний елемент- тяга, $\varphi = 5^\circ 43'$ – приведений кут тертя в спряженні на поверхні скосу.

$$S = T \cdot f_2 + T \cos \alpha$$

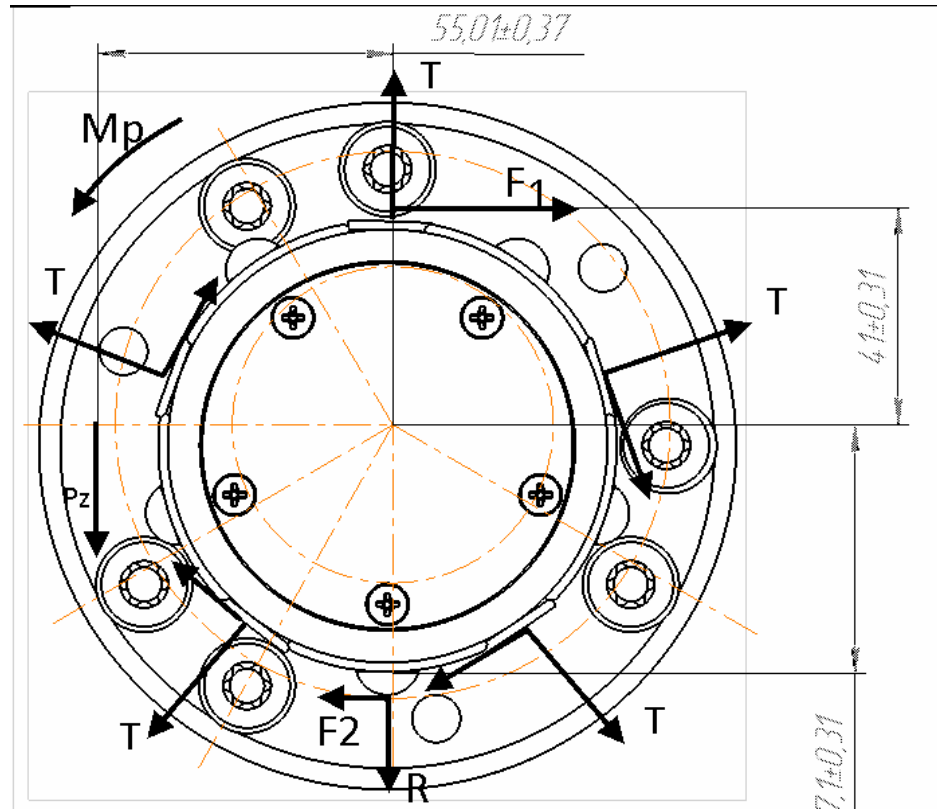


Рис.2.2.3. Розрахункова схема до визначення необхідного зусилля затиску на затискних та установочних елементах

[11] Виходячи з умови надійності закріплення заготовки (непровертання заготовки – деталі на затискних елементах), необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

$$M_{mp} \geq M_p,$$

де M_{mp1} – момент сил тертя, діючих на поверхні закріплення деталі, M_{mp2} – момент сил тертя, діючих на поверхні установочних елементів.

де: f – коефіцієнт тертя на поверхні закріплення деталі, $T \sum$ – сумарне затисне зусилля на п'яти затискних елементах, $F1$ – сила тертя на п'яти затискних

елементах, $C = 8042 \text{ Н/м} = 8 \text{ Н/мм}$ – жорсткість пружини (кількість робочих витків $n=7.8$, повних $n_l=9.8$, крок $2,3 \text{ мм}$) з проволочи $\varnothing 1,2 \text{ мм}$, зовнішній діаметр $\varnothing 8^{+0,11} \text{ мм}$, довжина в вільному стані $20 \pm 0,29 \text{ мм}$, $x = 4 \text{ мм}$ – деформація пружини при встановленні та базуванні деталі, f_1 – коефіцієнт тертя на поверхні елементів базування.

$$T_z = \frac{0,052 \cdot P_z - C \cdot x \cdot f_1}{f \cdot R_1}$$

$$T_z = \frac{0,052 \cdot 139077,3 - 8042 \cdot 0,04 \cdot 0,2}{0,3 \cdot R_1} = 716,8 \text{ Н}$$

З врахуванням коефіцієнту запасу $k_z=1,5$, маємо: $1075,2 \text{ Н}$

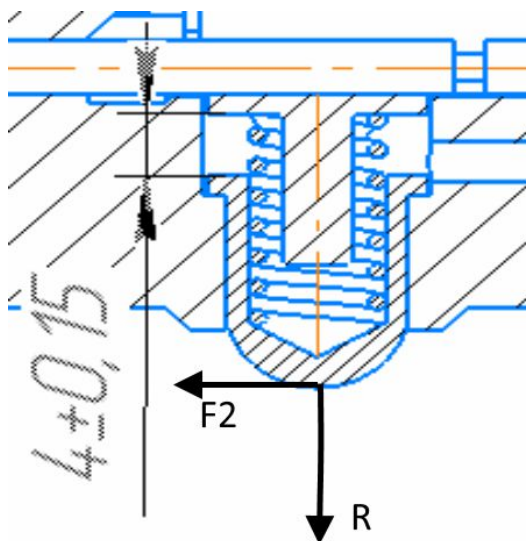


Рис.2.2.4 Розрахункова схема центруючих елементів

Тангенціальна складова сили різання P_z , прикладена до оброблювальної поверхні на радіуса $R_1=50 \text{ мм}$ деталі.

Використовуючи значення M_{mp} та M_{cp} , з рівнянь можна визначити необхідну величину сили тяги

$$W \geq P_z \frac{d}{fDK'_c} = 625 \frac{127}{0,3 \cdot 90 \cdot 1,5} = 1960 \text{ Н}$$

Сила затиску деталі всіма плунжерами 8 відповідно визначиться з рівняння

$$W_1 = K_c P_3 = 1,5 \cdot 20000 = 30000 \text{ Н}$$

Сила затиску деталі плунжерами 3 визначається за формулою

$$W_2 = K_c P_2$$

Повна сила затиску деталі визначається з виразу

$$W = W_1 + W_2 = K_c (P_2 + P_3).$$

Після підстановки в цей вираз значень K_c , P_2 , та P_3 отримаємо

$$W = T \frac{1 - 3 \frac{l}{l_1} f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha + f} \left[\frac{1}{2 \operatorname{tg}(\alpha + f) \operatorname{tg}(\alpha_1 + f)} + 1 \right] = K'_c T,$$

де K'_c - силовий коефіцієнт передачі від тяги 9 до плунжерів.

Виходячи з умови надійності закріплення оброблювальної деталі, необхідно щоб виконувались наступні умови:

$$M_{mp} \geq M_p,$$

де $M_{mp} = Wf \frac{D}{2}$ – момент сил тертя, діючих на поверхні діаметра D закріплення деталі, відносно її осі; якщо використовується три ряди плунжерів (трюхрядні плунжерні патрони), то

$$M_{mp} = M_{mp1} + M_{mp2} = 2Wf \frac{D}{2}$$

$M_p = P_z \frac{d}{2}$ – момент відносно тої ж вісі вертикальної складової сили різання P_z , прикладеної до оброблювальної поверхні діаметра d деталі.

Використовуючи значення M_{mp} та M_{cp} , з рівнянь можна визначити необхідну величину сили тяги

$$W \geq P_z \frac{d}{fDK'_C} = 625 \frac{127}{0,3 \cdot 90 \cdot 1,5} = 1960 \text{ Н}$$

$$W = \frac{2819,79}{5} = 564 \text{ Н}$$

2.3. Проектування захватного механізму маніпулятора

Захватний механізм маніпулятора служить для захоплення обробленої деталі по зовнішній обробленій поверхні розтискного патрону та транспортування до вивантажувального механізму.[3]

Захватний механізм маніпулятора складається з корпусу 1, на осі 2 якого розміщені три Г-подібні поворотні захвати 5. Г-подібні поворотні захвати 5 в процесі затиску повертаються по годинниковій стрілці.

Г-подібні поворотні захвати 5 приводяться в рух від осі 4, шестерні 8 ($z=21$, $m=1$ мм) та секторного зубчатого колеса 6 ($z=14$, $m=1$ мм). Г-подібні поворотні захвати 5 на осі фіксуються штифтами 12. Деталь встановлюється на упори 7.

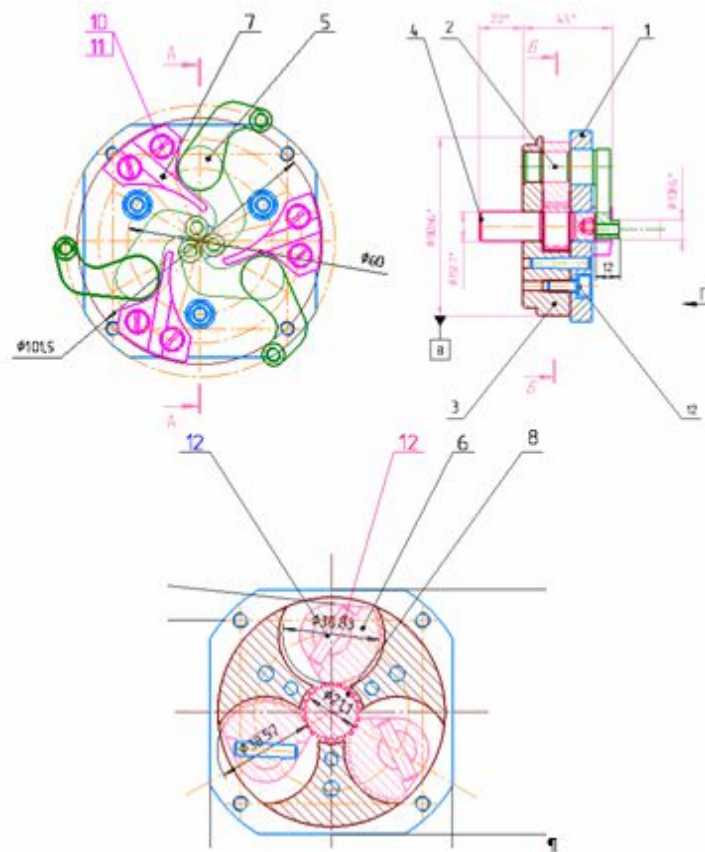


Рис. 2.3.1 Механізм захвату

[4]Розрахунок найбільшого контактного зусилля на лінії контакту за допомогою формули Герца:

$$\sigma_{max} = \frac{0,418 \cdot \sqrt{Q \cdot E}}{\sqrt{l \cdot R}}$$

де σ_{max} - найбільше контактне навантаження, Па; Q – нормальна сила в контакті, Н; $l = 12 \cdot 10^{-3}$ м – довжина лінії контакту; E – приведений модуль пружності, R – приведений радіус кривизни, м;

$E = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$, де E_1 і E_2 – модулі пружності контактуючих деталей. Модуль пружності деталі $E_2 = 2,11 \cdot 10^5$ МПа.

$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$; де R_1 і R_2 – радіуси контактуючих деталей. Радіус захвату маніпулятора $R_1 = 4,5$ мм; Радіус деталі $R_2 = 50$ мм.

[29]Умовна границя текучості матеріалу деталі (сталь ШХ15) $\sigma_y = 400$ МПа. Для розрахунку максимальної сили, що можна прикласти до деталі, та не деформувати її пластично, приймемо коефіцієнт запасу $k = 2$.

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_y}{k} = \frac{400}{2} = 200 \text{ МПа}$$

$$Q_{max} = \left(\frac{\sigma_{max}}{0,418} \right)^2 \cdot \frac{l \cdot R}{E}$$

Для розрахунку приймемо матеріал захвату Сталь 45 ($E_1=2 \cdot 10^5$ МПа).

$$R = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{50}} = 4,55 \text{ мм} = 4,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$E = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2,11 \cdot 10^{11}}{2 \cdot 10^{11} + 2,11 \cdot 10^{11}} = 2,054 \cdot 10^{11}$$

$$Q_{max} = \left(\frac{200 \cdot 10^6}{0,418} \right)^2 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 4,55 \cdot 10^{-3}}{2,054 \cdot 10^{11}} = 10,14 \text{ Н}$$

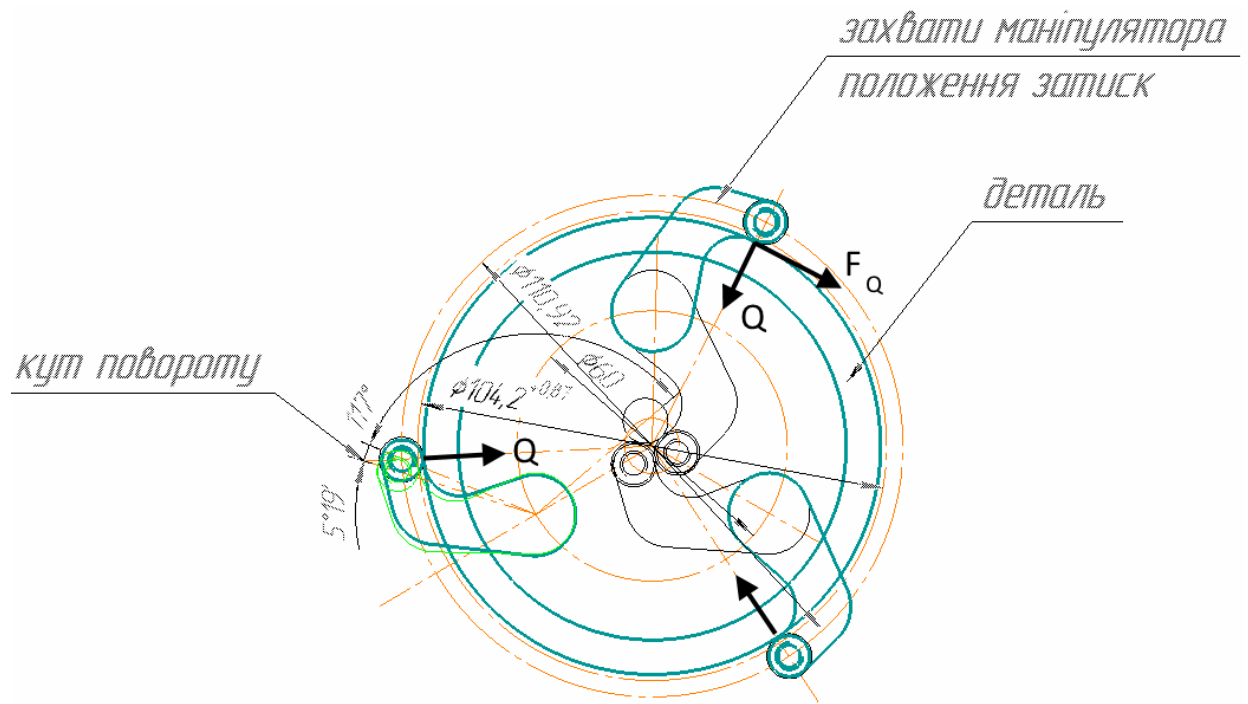


Рис.2.3.2 Розрахункова схема захватного механізму

3. СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ ПАТРОНА

3.1. Аналіз напружено-деформованого стану

Повний цикл аналізу напружено-деформованого стану пружного елементу патрона включає наступні основні етапи: розробка геометрії пружного елементу; завдання характеристик матеріалів елементів пружного елементу; вибір типів кінцевих елементів і введення їх параметрів; розбиття пружного елементу на кінцеві елементи; завдання граничних умов що накладаються на пружного елементу; формування системи навантажень і завдання їх значень; перевірка коректності розробленої моделі; моделювання напружено-деформованого стану пружного елементу ; аналіз результатів моделювання і їх уявлення. [15]

Твердотільна модель пружного елементу створена з використанням вбудованого геометричного редактора. Характеристики матеріалу пружного елементу патрона були введені в систему з використанням діалогового вікна.

Генерація звичайно-елементної сітки здійснювалася автоматично з використанням опцій управління параметрами звичайно-елементної сітки, які дозволяють встановити розмір кінцевого елементу, коректування сітки на складних ділянках і ін.

Геометрія аналізованої деталі описана сіткою тетраедральних кінцевих елементів. Використані десятивузлові тетраедральні кінцеві елементи, які забезпечують другий порядок апроксимації, що дозволяє краще апроксимувати криволінійні межі і забезпечує високу точність розрахунку.

У сучасний час, у зв'язку з активним впровадженням в інженерну практику виміральної техніки, найбільш ефективним наближеним методом вирішення прикладних задач механіки є метод кінцевих елементів (МКЕ). Ключова ідея МКЕ полягає у наступному: суцільне середовище (конструкція в цілому) замінюється дискретним шляхом розбиття її на області (кінцеві елементи), у кожному з яких поведінка середовища описується за допомогою окремого набору функцій, що представляють собою напруження та переміщення у вказаній області. Кінцеві елементи з'єднуються вузлами. Взаємодія кінцевих елементів один з одним

здійснюється тільки через вузли. Елементи розміщені певним чином в залежності від конструкції об'єкта та закріплені у відповідності з граничними умовами. Кінцеві елементи дозволяють адекватно описати конструкції та деталі. Метод кінцевих елементів відноситься до варіаційних методів теорії пружності та дозволяє оцінити напружено-деформаційний стан плоских та об'ємних елементів конструкції.

Всі розрахунки та графічні моделювання виконанні за допомогою AutoDesk Inventor 2017

3.2 Розрахунок деформацій та напруження по Мізесу кулак за допомогою пакету AutoDesk Inventor 2017

Вхідні данні:

Для моделювання деформаційного стану кулачка у даній роботі були використані модулі пакету AutoDesk Inventor.

Для досягнення поставленої цілі вирішені наступні задачі:

1) З допомогою пакета програми AutoDesk Inventor побудована тривимірна модель пружного елемента;

2) З допомогою вбудованих у програму AutoDesk Inventor стандартних модулів було виконано розрахунок навантажень, що діють на пружного елемента під час затискання заготовки;

3) Розроблена розрахункова модель пружного елемента

Характер об'ємної деформації пружного елемента та числові результати моделювання, отримані при застосуванні метода кінцевих елементів, представлені нижче.

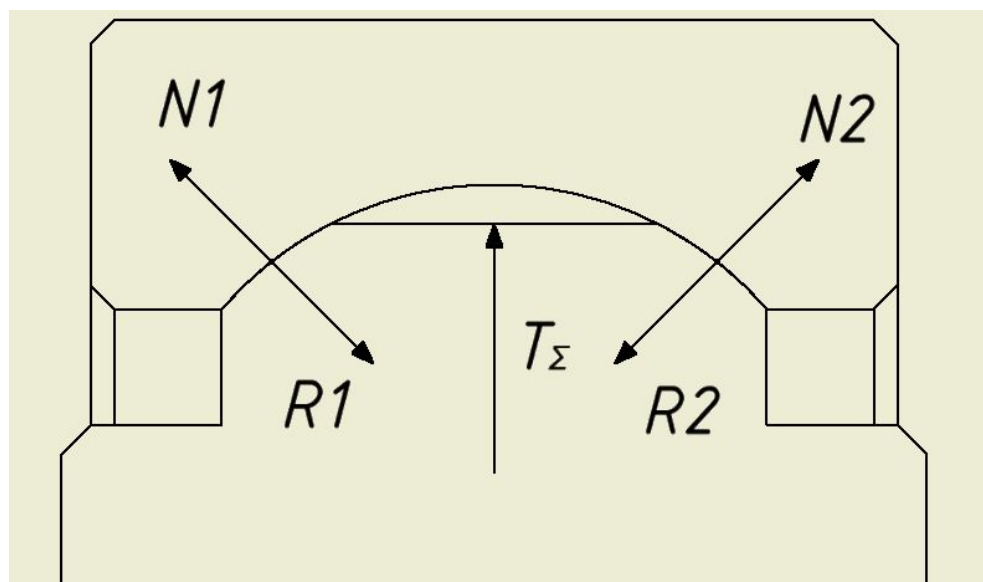


Рис.3.2.1 Схема розподілення сил на кулак

$$N1=R1; N2=R2$$

$$R1 = R2 = T \Sigma \cdot \cos 45^\circ$$

$$R1 = R2 = 215 \cdot 0.5 = 107.5 \text{ н}$$

Дана схема показує розподілення сил та реакцій, які діють на кулак при зажимі кільця.

Для розрахунків матеріал заготовки була вибрана легирована сталь (40X).

Фізичні параметри деталі наведені у таблиці

Материал	Сталь, легированная
Плотность	7,73 г/см ³
Масса	0,038972 кг
Площадь	2654,43 мм ²
Объем	5041,65 мм ³
Центр масс	x=-1,81626 мм y=7,89305 мм z=-0,148413 мм

Табл.3.2.1 Фізичні параметри кулака

Параметри сітки: Сітка має вигляд тетраедральних фігур, розмір яких складає 0.1мм

Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,1
Минимальный размер элемента (дробное значение от среднего размера)	0,2
Коэффициент разнородности	1,5
Макс. угол поворота	60 град
Создать изогнутые элементы сетки	Да

Табл.3.2.2. Параметри сітки

Характеристики матеріалу які використовуються для подальшого розрахунку деталі

Имя	Сталь, легированная	
Общие	Массовая плотность	7,73 г/см ³
	Предел текучести	250 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	400 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	205 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,3 бр
	Модуль упругости при сдвиге	78,8462 ГПа

Имена деталей	кулак
---------------	-------

Табл.3.2.3. Характеристики матеріалу

На рис. 3.2.2, 3.2.3 показані величина та вектор сили, яка прикладається до робочої грані кулака. Вважаємо що сили прикладена по всій поверхні робочої грані та розподіляється рівномірно.

Тип нагрздки	Сила
Величина	107,500 Н
Вектор X	86,513 Н
Вектор Y	1,998 Н
Вектор Z	63,779 Н

Табл.3.2.4 Величина та вектор сили R1

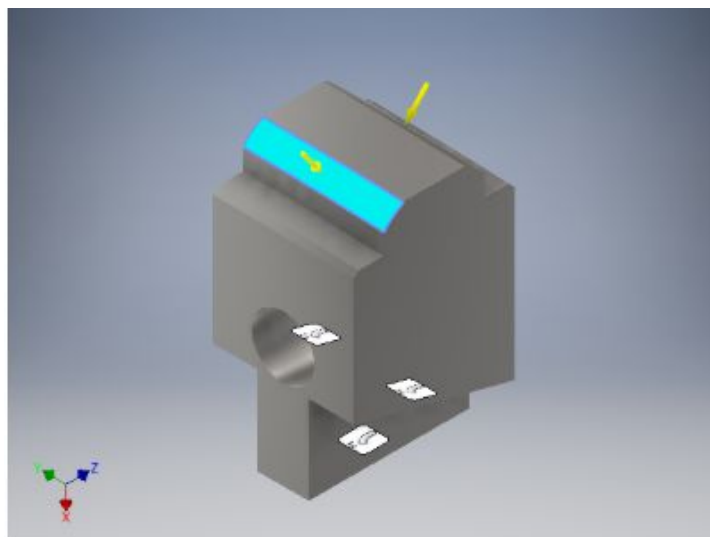


Рис. 3.2.2 Область дії сили R1

Сила R2:

Тип нагрздки	Сила
Величина	107,500 Н
Вектор X	82,168 Н
Вектор Y	2,528 Н
Вектор Z	-69,269 Н

Табл. 3.2.5. Величина та вектор сили R2

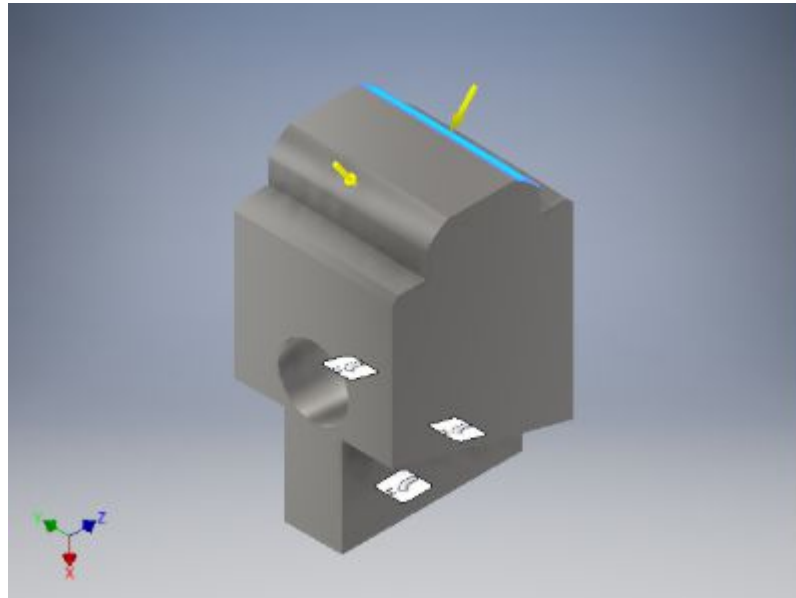


Рис. 3.2.3 Область дії сили R2

Зафіксовані грані деталі показані на рис. 3.2.4.

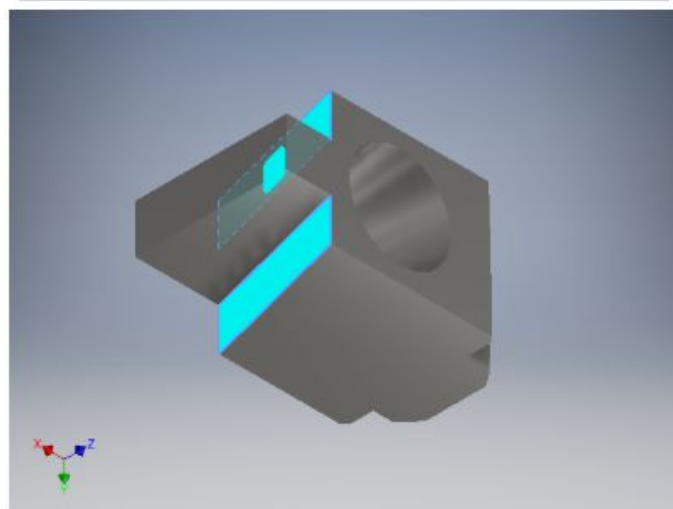
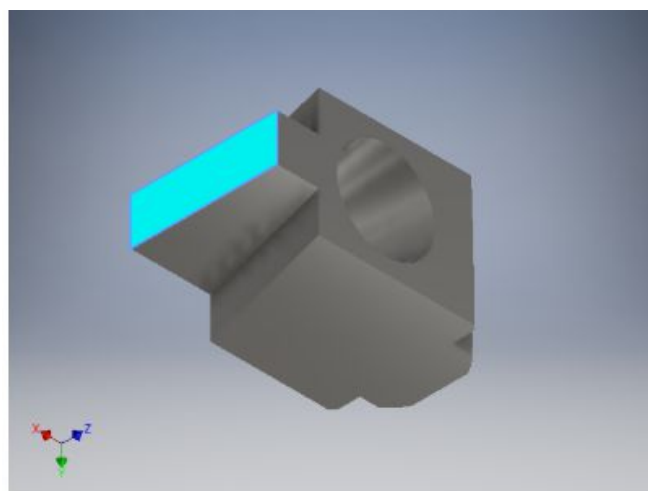


Рис. 3.2.4 Зафіксовані грані деталі

Сила і момент реакції в залежностях:

Имя зависимости	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Зависимость фиксации:1	0,679462 Н	0,5335 Н	0,00231704 Н м	-0,0000845001 Н м
		-0,128356 Н		-0,00229419 Н м
		-0,400714 Н		0,000313388 Н м
Зависимость фиксации:2	169,368 Н	-169,209 Н	0,162279 Н м	0,00247449 Н м
		-4,39843 Н		0,132442 Н м
		5,89046 Н		0,0937406 Н м

Табл. 3.2.6. Сила і момент реакції в залежностях:

Результати аналізу наведені в табл. 3.2.7

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	5041,65 мм ³	
Масса	0,038972 кг	
Напряжение по Мизесу	0,00170969 МПа	6,65667 МПа
1-ое основное напряжение	-4,29311 МПа	11,0016 МПа
3-е основное напряжение	-11,3648 МПа	4,15772 МПа
Смещение	0 мм	0,000162918 мм
Коэфф. запаса прочности	15 бр	15 бр
Напряжение XX	-4,65935 МПа	4,51673 МПа
Напряжение XY	-0,896506 МПа	0,737907 МПа
Напряжение XZ	-0,816465 МПа	0,852854 МПа
Напряжение YY	-11,3618 МПа	11,0013 МПа
Напряжение YZ	-0,40155 МПа	0,352665 МПа
Напряжение ZZ	-4,87206 МПа	4,67129 МПа
Смещение по оси X	-0,000000708523 мм	0,000153149 мм
Смещение по оси Y	-0,0000381364 мм	0,0000614915 мм
Смещение по оси Z	-0,0000100758 мм	0,0000806914 мм
Эквивалентная деформация	0,00000000863474 бр	0,0000340701 бр
1-ая основная деформация	0,000000000549644 бр	0,0000402211 бр
3-я основная деформация	-0,0000415158 бр	0,0000000567832 бр
Деформация XX	-0,0000153383 бр	0,00000213403 бр
Деформация XY	-0,00000568516 бр	0,00000467941 бр
Деформация XZ	-0,00000517758 бр	0,00000540834 бр
Деформация YY	-0,0000414971 бр	0,0000402188 бр
Деформация YZ	-0,00000254642 бр	0,00000223641 бр
Деформация ZZ	-0,00000898138 бр	0,00000399674 бр

Табл. 3.2.7 Результати розрахунку

Напруження по Мізесу:

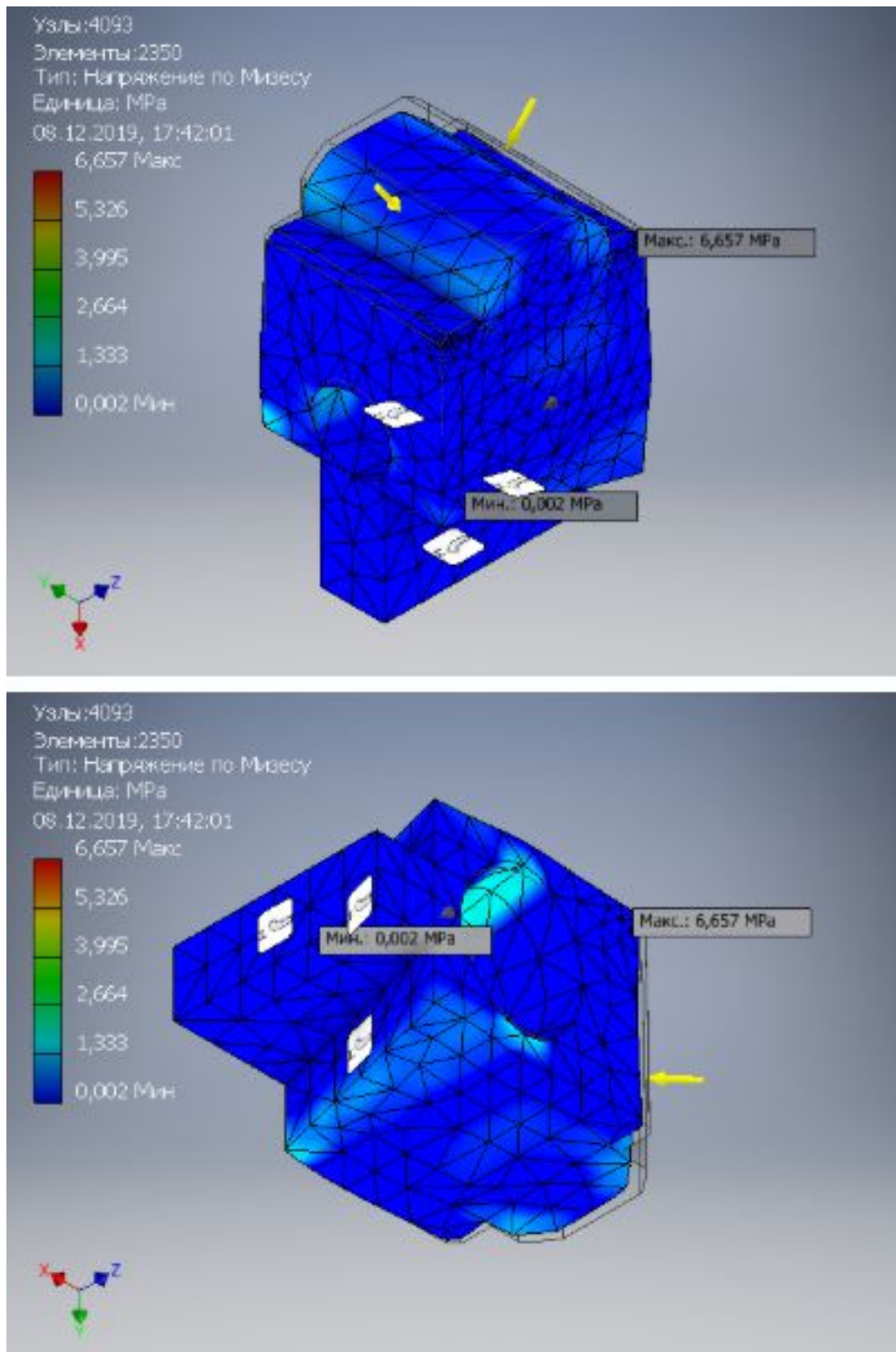


Рис. 3.2.5 Напряжения по Мизесу

Максимальне напруження по Мізесу складає 6,65 МПа

Зміщення деталі показані на рис. 3.2.6.

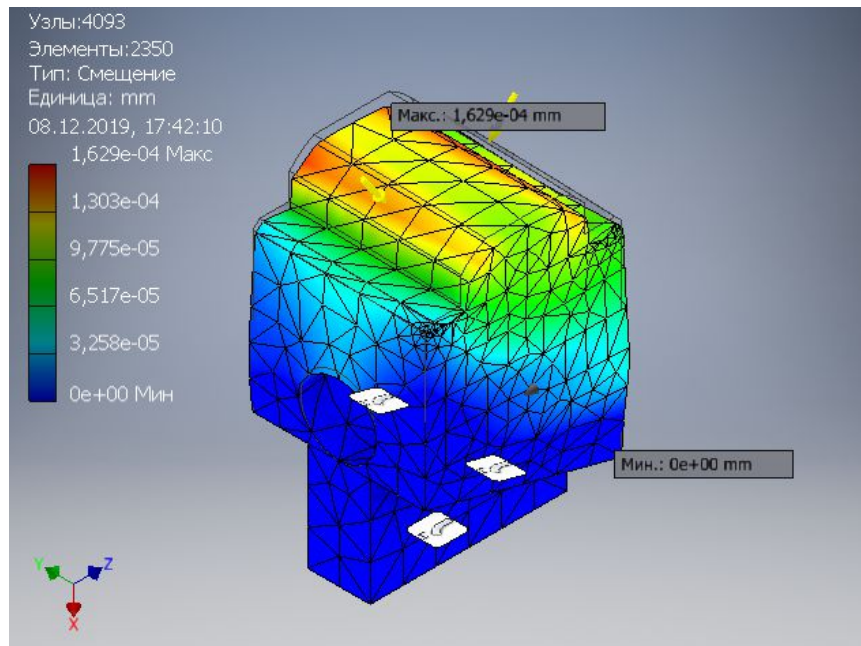


Рис. 3.2.6 Зміщення

Величина переміщення незначна, тому можна знехтувати її

Запас міцності:

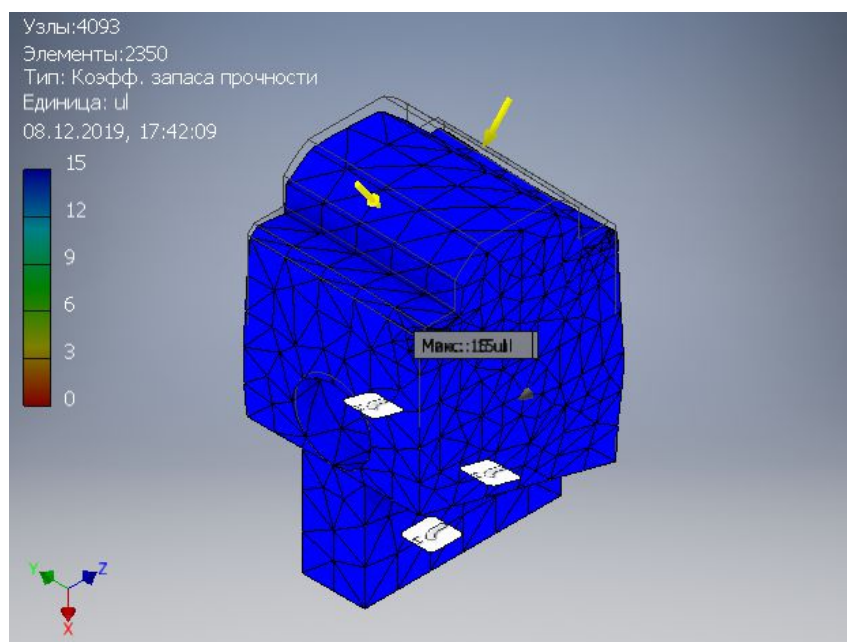


Рис. 3.2.7 Запас міцності

Висновки: Проаналізувавши отриманні данні можна сказати, що розрахований елемент витримує прикладені до нього зусилля та може бути використан в конструкції патрону. Також запас міцності дозволяє змінити розміри деталі, що може поліпшити металомісткість.

3.3 Розрахунок деформацій та напруження по Мізесу штовхач за допомогою пакету AutoDesk Inventor 2017

Для моделювання деформаційного стану штовхача у даній роботі були використані модулі пакету AutoDesk Inventor.

Для досягнення поставленої цілі вирішені наступні задачі:

1) З допомогою пакета програми AutoDesk Inventor побудована тривимірна модель пружного елемента

2) З допомогою вбудованих у програму AutoDesk Inventor стандартних модулів було виконано розрахунок навантажень, що діють на пружного елемента під час затискання заготовки;

3) Розроблена розрахункова модель пружного елемента

Характер об'ємної деформації пружного елемента та числові результати моделювання, отримані при застосуванні метода кінцевих елементів, представлені нижче.

Вхідні данні:

Фізичні параметри

Материал	Сталь нержавеющая, 440С
Плотность	7,75 г/см ³
Масса	0,0591122 кг
Площадь	3284,22 мм ²
Объем	7627,38 мм ³
Центр масс	x=0,000000000569631 мм y=40,0843 мм z=-0,151035 мм

Табл. 3.3.1 Фізичні параметри штовхача

Параметри сітки:

Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,1
Минимальный размер элемента (дробное значение от среднего размера)	0,2
Коэффициент разнородности	1,5
Макс. угол поворота	60 град
Создать изогнутые элементы сетки	Да

Табл. 3.3.2 Параметри сітки

Характеристики матеріалу:

Имя	Сталь нержавеющей, 440С	
Общие	Массовая плотность	7,75 г/см ³
	Предел текучести	689 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	861,25 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	206,7 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,27 бр
	Модуль упругости при сдвиге	81,378 ГПа
Имена деталей	толкатель	

Табл. 3.3.3. Характеристики матеріалу

Сила :

Тип нагрузки	Сила
Величина	215,000 Н
Вектор X	-51,654 Н
Вектор Y	-55,397 Н
Вектор Z	-201,216 Н

Табл. 3.3.4. Величина та вектор сили

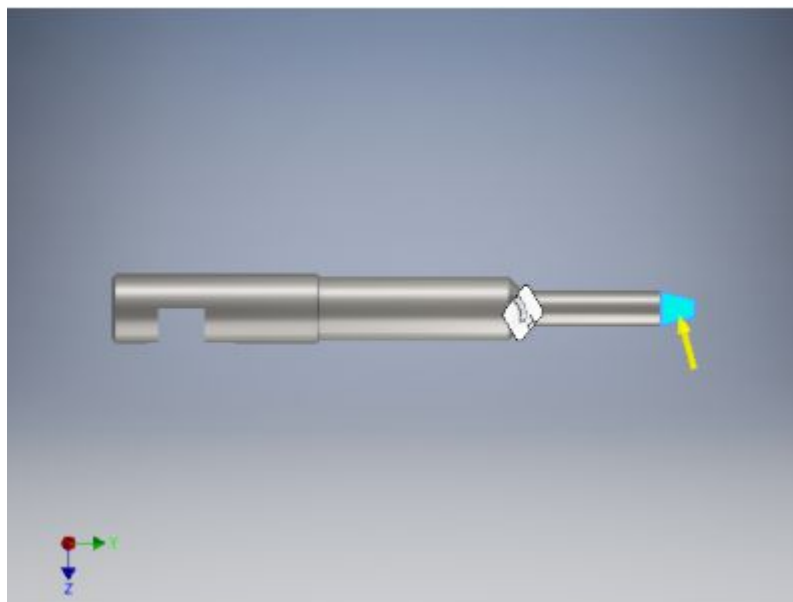


Рис. 3.3.1 Область дії сили

Зафіксована грань:

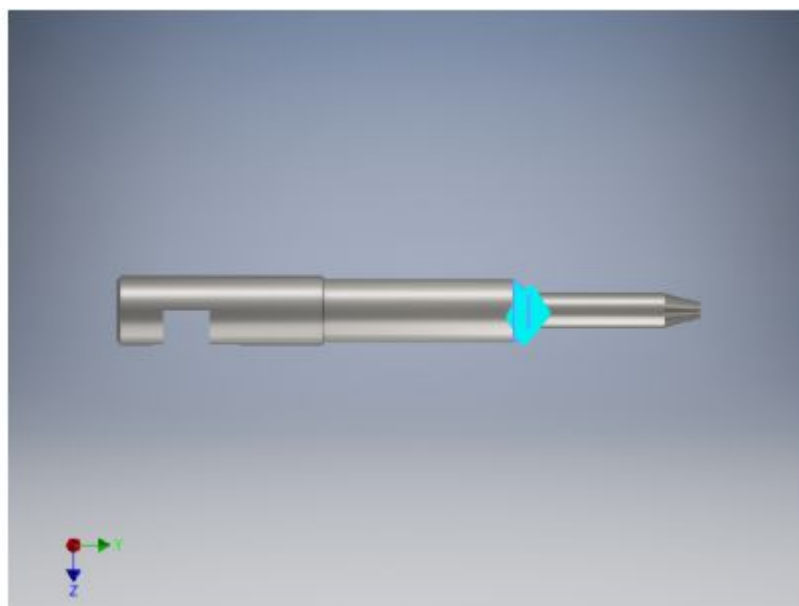


Рис. 3.3.2. Зафіксована грань

Сила і момент реакції в залежностях:

Имя зависимости	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Зависимость фиксации:2	215 Н	51,6539 Н	5,77679 Н м	5,59527 Н м
		55,3975 Н		0 Н м
		201,216 Н		-1,43677 Н м

Табл. 3.3.5 Сила і момент реакції в залежностях

Результати:

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	7627,38 мм ³	
Масса	0,0591122 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0000746449 МПа	314,623 МПа
1-ое основное напряжение	-36,6669 МПа	352,875 МПа
3-е основное напряжение	-369,945 МПа	35,6174 МПа
Смещение	0 мм	0,124154 мм
Коэфф. запаса прочности	2,18992 бр	15 бр
Напряжение XX	-78,5347 МПа	74,5343 МПа
Напряжение XY	-64,7599 МПа	43,969 МПа
Напряжение XZ	-19,3793 МПа	17,3838 МПа
Напряжение YY	-349,511 МПа	330,778 МПа
Напряжение YZ	-83,5378 МПа	7,01153 МПа
Напряжение ZZ	-64,7724 МПа	56,538 МПа
Смещение по оси X	-0,032338 мм	0,000120293 мм
Смещение по оси Y	-0,0170731 мм	0,0165985 мм
Смещение по оси Z	-0,119606 мм	0,000399054 мм
Эквивалентная деформация	0,000000000308983 бр	0,00138542 бр
1-ая основная деформация	-0,000000000119827 бр	0,00156829 бр
3-я основная деформация	-0,00163988 бр	-0,0000000001082 бр
Деформация XX	-0,000290433 бр	0,0002945 бр
Деформация XY	-0,000397896 бр	0,000270153 бр
Деформация XZ	-0,00011907 бр	0,000106809 бр
Деформация YY	-0,00151433 бр	0,00143252 бр
Деформация YZ	-0,00051327 бр	0,00004308 бр
Деформация ZZ	-0,000319414 бр	0,00032107 бр

Табл. 3.3.6. Результати аналізу

В даній таблиці представлені повні данні по аналізу деталі. Можна побачити мінімальні, а також максимальні напруження та деформації.

Напруження по Мізесу:

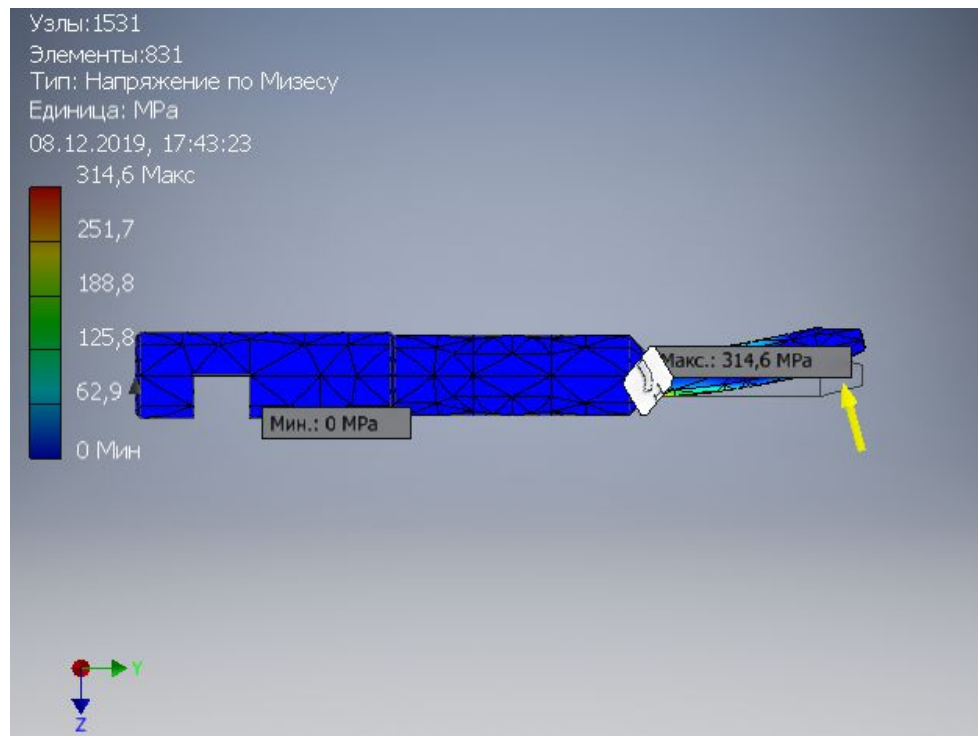


Рис. 3.3.3. Напруження по Мізесу

Максимальне напруження по Мізесу складає 314,6 МПа

Зміщення:

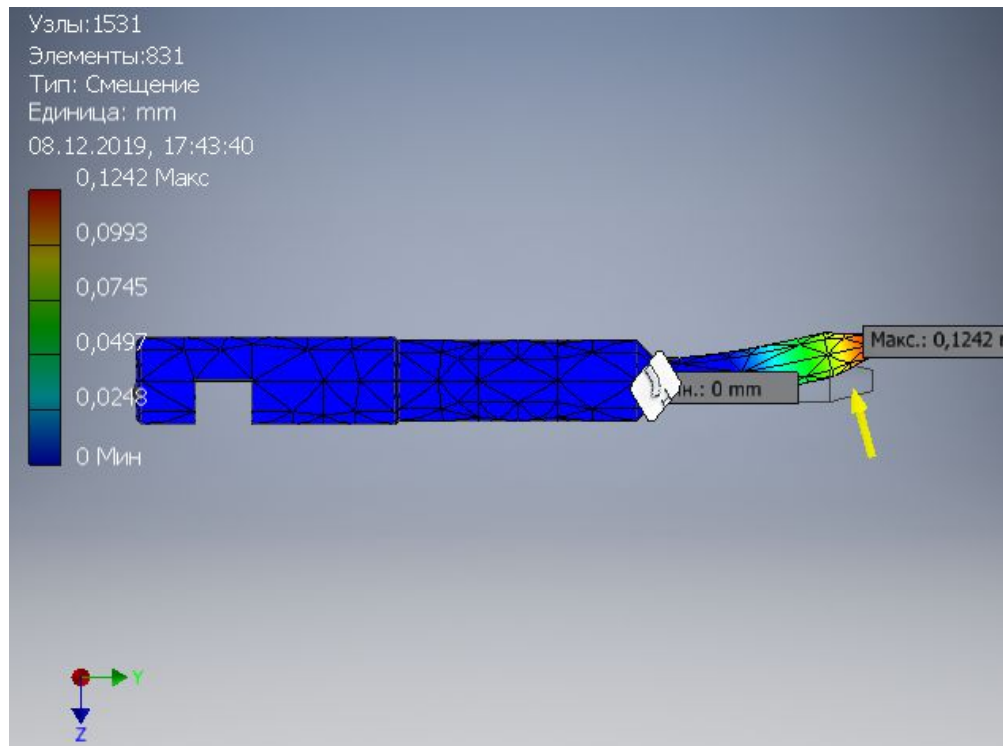


Рис. 3.3.4 Зміщення

Максимальне переміщення кінця штовхача складає 0.12 мм та являється допустимим .

Запас міцності:

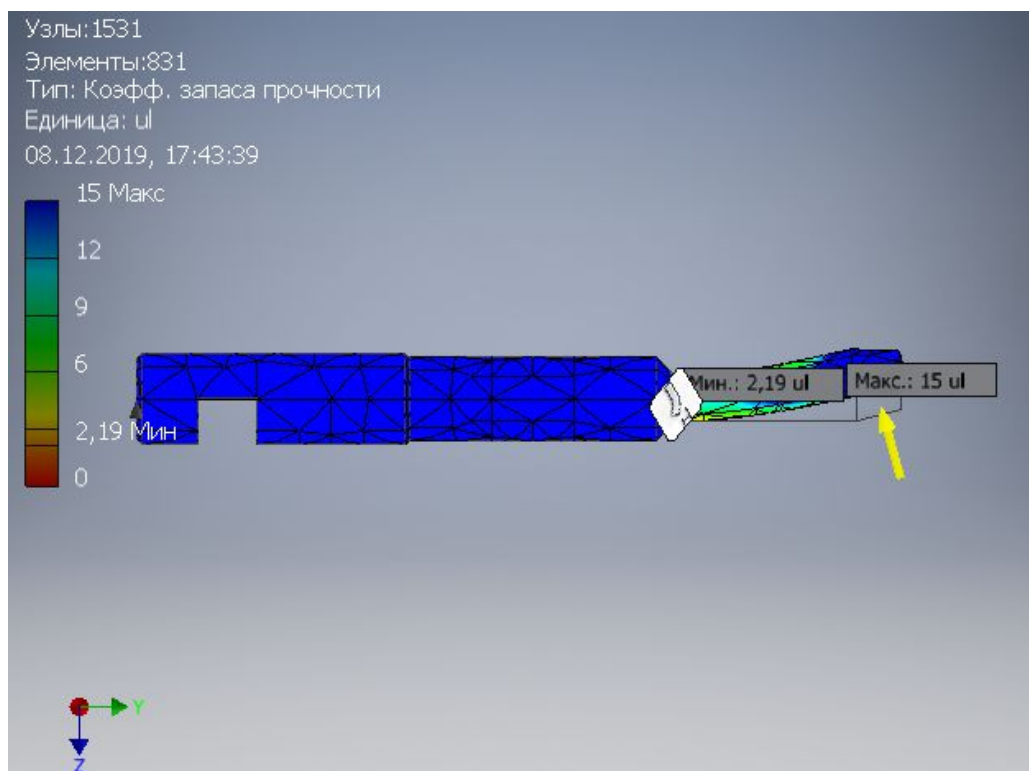


Рис. 3.3.5. Запас міцності

Мінімальний запас міцності при заданому навантаженню складає 2.2, що більш чим достатньо для експлуатації.

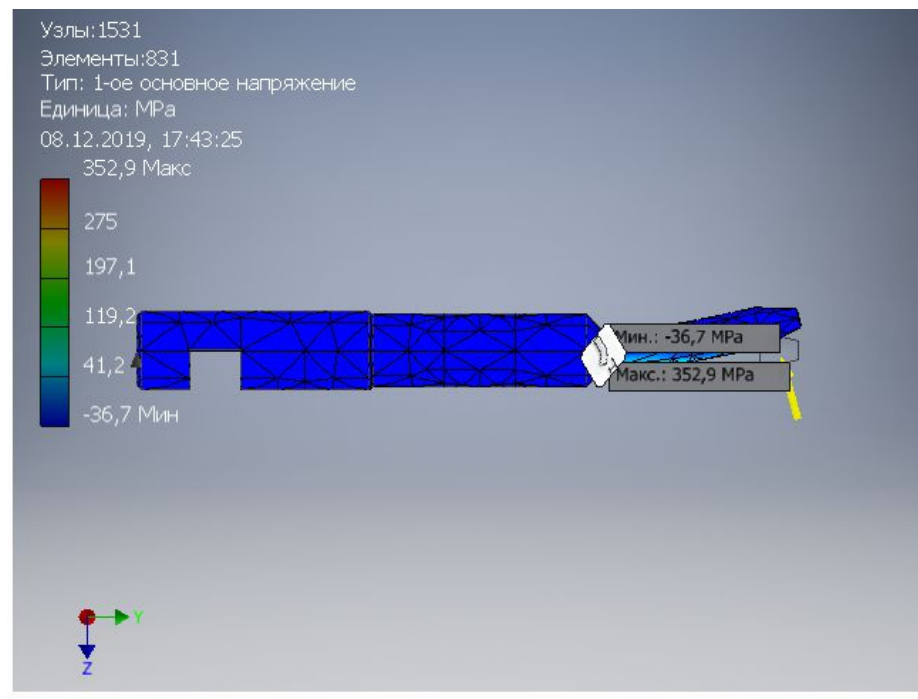


Рис. 3.3.6. Перше осьове напруження

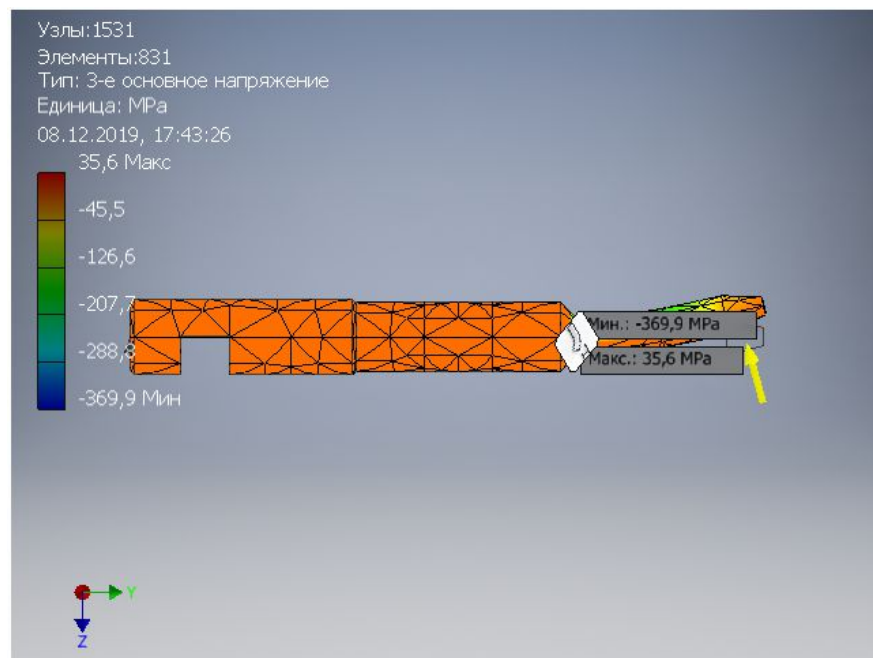


Рис. 3.3.7. Трете осьове напруження

Побудуємо графік залежності сили від напруження

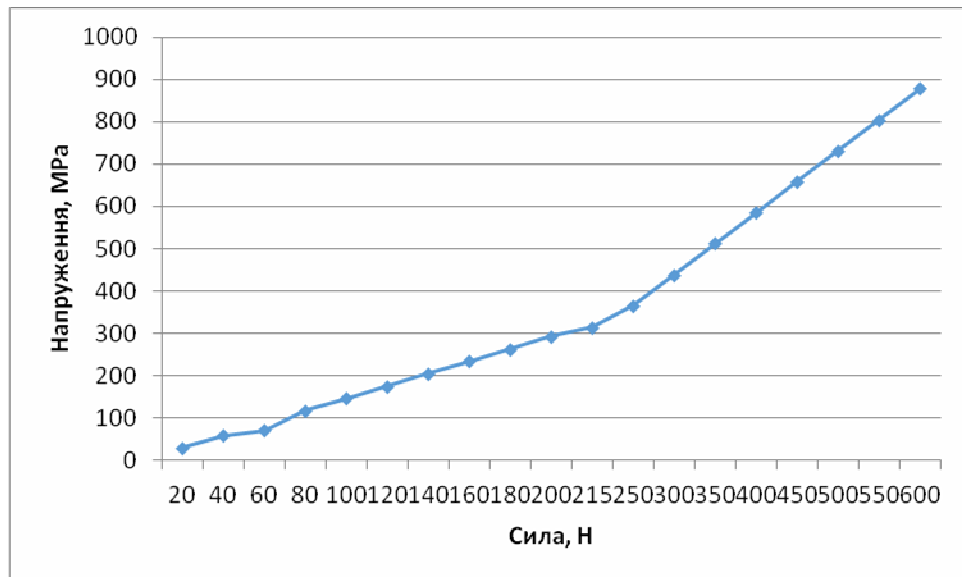


Рис.3.3.8 Графік залежності сили від напруження

Висновки: Вбудований пакет для аналізу напружень методом кінцевих елементів в AutoDesk Inventor дозволяє значно спростити розрахунки . Ця методика дає швидкі результати завдяки яким можна своєчасно внести зміни в конструкцію елемента, який був обран, та підбирати необхідний матеріал деталі. Проаналізувавши отриманні данні можна сказати, що розрахований елемент витримує прикладені до нього зусилля та може буди використан в конструкції патрону. Також запас міцності дозволяє змінити розміри деталі, що може поліпшити металомісткість.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В магістерській дисертації були розглянуті розповсюджені моделі патронів токарних верстатів, подано опис двошпиндельного токарного верстата. В результаті виконання на підставі аналізу було запропоновано та розроблено нову модель патрона для обробки тонкостінних деталей, зокрема, підшипникових кілець. Запропонований патрон відрізняється від відомих моделей застосуванням пружних елементів більш вдосконаленої конструкції, завдяки котрій відбувається самоцентрування та надійна -фіксація заготовок, що дає підвищену точність обробки деталей.

Під час праці над магістерською дисертацією був проведений розрахунок зусилля затиску приводу верстата, також розрахунок моменту та зусилля для центрування заготовки, що було необхідно для подальшого аналізу. Був проведений статичний розрахунок та аналіз пружного елемента патрону, який показав придатність конструкції до роботи та її ефективність.

Вважаю, що запропонована конструкція патрону забезпечить якісну обробку деталей та поліпшить економічні показники продукції.

6. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Walid Ibrahim Alnusirat, Litvin Oleksandr, Ibrahim Farhan Alrefo, Kravez Oleksandr. Tool for researching the dynamic system of metal-cutting machine/ World science № 9(37). September 2018, p. 5-9. DOI: 10.31435/rsglobal_ws.
2. Zaporozhets, V. K.; Litvin, A. V. A Chuck for locating parts relative to premachined faces. Soviet engineering research, 1987, 7.5: 72-72.
3. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва .Київ: Кондор, 2008. – 726 с.
4. Иванов А. С.: *Конструируем машины шаг за шагом*: В 2 ч. — 2-е изд., перераб. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. — Ч. 1. 328 с.: ил.
5. Кузнєцов Ю.Н. Верстати зЧПУ: Навчальний посібник. К.: Вища школа: 1991.-278 с.
6. Литвин О. Аналіз передумов застосування нейпронних мереж при синтезі конструкцій в машинобудуванні/ О.Литвин, І.Ящук, С.Б.Паньков // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки" за напрямком „Інженерна механіка", 2018, - вип.61. -с.92-99.
7. **Литвин О.** Приведення жорсткості системи патрон – деталь токарного верстата/ О.Литвин, І.Ящук, С.С.Раус // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки" за напрямком „Інженерна механіка", 2018, - вип.61. -с.99-105.
8. Литвин О.В., Гаврушкевич Н.В. Технологічне оснащення для токарної обробки нежорстких деталей / Матеріали IV-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу: базові процесні інновації – 2018», випуск 4. – Херсон: ХНТУ, 2018. –с.100-102.
9. Литвин О.В., Гаврушкевич Н.В., Алексейчук Д.А. Вплив морфології затискного патрона на його структуру /Конференція „Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта» с.232-233.
10. ПРОГРЕСИВНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ Литвин О.В., Гаврушкевич Н.В., Міжнародна науково-технічна конференція "Прогресивна техніка технологія та інженерна освіта", Том 1, м. Київ, 19 – 22 червня 2018 р.: Матеріали конференції – Київ: 2018. С.172-174.
11. . СИНТЕЗ ЗАТИСКНИХ ПАТРОНІВ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ НА ОСНОВІ МОРФОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ

Литвин О.В., Ящук І.Р., Міжнародна науково-технічна конференція "Прогресивна техніка технологія та інженерна освіта", Том 1, м. Київ, 19 – 22 червня 2018 р.: Матеріали конференції – Київ: 2018. – с.178-181.

12.Проектування оснащення верстатів, роботів і машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп'ютерне проектування верстатів, роботів і машин» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ; уклад. В. П. Приходько, О. В. Литвин. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 211 с. – Назва з екрана.

13.Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування верстатного оснащення». «Порядок виконання розрахунково-графічної роботи» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. В. Литвин, В. А. Недобой. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,53 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 56 с. – Назва з екрана..

14.Методичні вказівки до виконання розрахунково–графічної роботи з дисципліни «Проектування верстатного оснащення». «Варіанти завдань» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. В. Литвин, В. А. Недобой. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,24 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11128>.– Назва з екрана.– Мова укр.

15.О. В. Литвин, П.А. Вінницький Розтискний патрон для токарної обробки поршневих кілець компресорів та гідравлічних приводів / XIX міжнародна науково-технічна конференція АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика». Матеріали конференції. – Вінниця: ГЛОБУС – ПРЕС, с.65-67.

16.Литвин, О. В. Обґрунтування параметрів цангового патрона для закріплення штучних заготовок / О. В. Литвин, І. Р. Ящук // Технічні науки та технології. – 2018. – № 1 (11). – С. 32-40.

17.Програмний продукт Autodesk Inventor

18.Литвин, Олександр Валеріанович, Олександр Михайлович Кравець, and Ірина Романівна Ящук. "Взаємозв'язок морфології затискного патрона з особливостями конструктивно-функціонального синтезу структур." *Технічні науки та технології* 1 (3) (2016).

19.Р.Г. Редько, О.В. Литвин, С.С. Раус. Инновационные методы исследований зажимных патронов станков/ «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування». Міжнародна науково-технічна інтернет-

конференція, 27-29 грудня 2018р.: збірник тез доповідей. – Вінниця: ВНТУ, 2019. -с.167-168.

- 20.С.С. Раус, Литвин О.В. Стан та результати реєстрації та використання географічних зазначень в Україні – Інновації молоді в машинобудуванні 2019, 2019 - imm-mm1.kpi.ua
- 21.Справочник технолога – машиностроителя. В 2 – х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 656с.
- 22.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / под редакцией А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-вид.перероб. и доп.-М.: Машиностроение, 1985. -496с.
- 23.Стадник В.А.ЛЗЗ Деталі машин, курс лекцій: Електронне навчальне видання – К.: НТУУ<<КПІ>> 2012, 650 с.: іл., 311
- 24.Станочные приспособления. Справочник под редакцией Вардашкина Б.Н., Данилевского В.В., М: Маш-е, 1984 г., т.2.
- 25.Сторож Б.Д. Розрахунок верстатних пристроїв на точність: навч. посібник. / Б.Д. Сторож, Р.Т. Карпик. –Івано–Франківськ: Факел, 1999. – 187с.
- 26.Схирладзе А.Г., Матвеев А.И., Новиков Ю.В., Рогозин Г.И. «Станочные приспособления,альбом». МГТУ (СТАНКИН), ТГТУ, 1999 г. 11. Система технологической подготовки производства, Альбом №6, Детали и узлы оснастки для механической обработки деталей: Н-ск, 1989 г.
27. Терушкина Н. П. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА [Електронний ресурс] / Н. П. Терушкина. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <http://sarfti.ru/wp-content/uploads/2014/05/Терушкина-Н.П.-Технологическая-оснастка.pdf>.
- 28.Токар. Спеціальна технологія [Електронний ресурс] – Режим доступа до ресурсу:http://turner3.pto.org.ua/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1254&Itemid=1347.
- 29.Токар. Спеціальна технологія [Електронний ресурс] – Режим доступа до ресурсу:http://turner4.pto.org.ua/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=164&Itemid=1396

- 30.**Токарные двухшпиндельные станки с ЧПУ 2006: [каталог] 5с. – Режим доступа: <http://промкаталог.рф/PublicDocuments/0624317.pdf>
- 31.**Ямпольський Л. С. ПРОЕКТУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ГНУЧКИХ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ [Електронний ресурс] / Л. С. Ямпольський, П. П. Мельничук, Б. Б. Самотокін. – 2005. – Режим доступу до ресурсу: <http://tc.kpi.ua/content/book2005/book1/frameset.html>.

Додатки

УДК 621.9.06-529-8

О.В. Литвин, к.т.н., І.Р. Яшук, С.С. Раус

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПРИВЕДЕННЯ ЖОРСТКОСТІ СИСТЕМИ ПАТРОН – ДЕТАЛЬ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Технологічна система верстата представляє собою систему, жорсткість елементів якої в процесі обробки обумовлюють виникнення систематичних та випадкових похибок розмірів і геометричної форми оброблюваних заготовок. Разом з тим, ця технологічна система є замкненою динамічною системою, здатною до збудження та підтримання вібрацій, що породжують похибки форми оброблюваних поверхонь (некруглість, хвилястість) і збільшують їх шорсткість. Жорсткість затискних патронів має великий вплив на точність обробки, на динамічну картину затискних зусиль, згинальних і перекидних моментів та характеризують їх пружні деформації і поведінку під впливом зовнішніх сил і моментів, стійкість до змін їх форми і положення. Розробка методів і процесів, що дозволяють описати і визначити жорсткість затискних патронів, має велике практичне значення. Метою роботи є розробка методики визначення приведеної жорсткості елементів технологічної системи шпиндель – патрон – деталь. Розробка методики досліджень та аналіз результатів складають наукову основу даної роботи. В результаті проведення досліджень визначенні особливості характеристик приведеної жорсткості системи плунжерний патрон – деталь токарного верстату, розроблені рекомендації по зменшенню впливу нелінійних параметрів жорсткості верстата на точність обробки, що використовуються при проектуванні затискних патронів.

Ключові слова: затискний патрон, жорсткість, точність, конструкції, деталь, дослідження, верстат.

Постановка проблеми. Затискні патрони широко застосовуються для закріплення заготовок при обробці на токарних верстатах. Вимоги до підвищенню точності обробки деталей безперервно підвищуються, і ця тенденція досить важлива для розвитку сучасного виробництва. Підвищення точності обробки на токарному верстаті потребує визначення нелінійних характеристик жорсткості основних елементів пружної системи верстату, в тому числі системи патрон- деталь. На точність обробки, в основному, впливають показники жорсткості та точності шпинделя та затискного патрона верстата. Параметри жорсткості визначаються, як правило, експериментальним методом при навантаженні шпинделя і затискного патрона. Жорсткість системи патрон – деталь має великий вплив на точність обробки, на динамічну картину затискних зусиль, згинальних і перекидних моментів. Жорсткість затискного патрона, його складальних одиниць або складових частин характеризують їх пружні деформації і поведінку під впливом зовнішніх сил і моментів, стійкість до змін їх форми і положення. Кожний затискний патрон також являє собою складну динамічну систему із пружно-дисипативними зв'язками. Розробка методів і процесів, що дозволяють описати і визначити жорсткість затискних патронів, має велике практичне значення. Актуальним питанням є визначення приведеної жорсткості системи патрон-деталь до осі або діаметру затиску, визначення матриці радіальної жорсткості системи патрон-деталь, яка безпосередньо визначає пружні деформації в зоні обробки і впливає на точність обробки на верстаті.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Дослідження різних типів затискних патронів показали, що сумарна деформація системи патрон – деталь при дії на неї сили різання в більшій мірі залежить від деформації поверхні в стиках кінематичних пар, ніж від власних деформацій деталей патрона [1, 2]. В [3] досліджувалося напружений стан патрону через зміну умов тертя, сил і нелінійних характеристик стиків і спряжень в умовах складної деформації. Вченими [4] вводиться поняття диференціальної жорсткості заготовки. При розрахунку необхідного мінімального зусилля затиску все навантаження при затиску заготовки враховуються одночасно. Точність нової моделі розрахунку затискних сил явно перевищує точність попередніх підходів до розрахунку. В роботі [5] досліджується параметрична нестійкість в процесі роботи затискного патрона. Дається аналітичний критерій стійкості і виконане експериментальне підтвердження. Параметричне коливання генерується спрямованою орієнтацією жорсткості системи патрон – деталь. В роботі [6] описується методика, яка компенсує похибки обробки, що виникають в результаті затиску кулачками з урахуванням їх жорсткості і зміни радіальної жорсткості системи затискного патрона. В дослідженні [7] було проаналізовано процес

різання в різних умовах затиску і розроблено узагальнену математичну модель для прогнозування форми обробленої деталі в залежності від типу і жорсткості затискного патрона. Експериментальні результати добре узгоджуються з теоретичними викладками. В роботі [8] виконані випробування на радіальну і згинальну жорсткість системи патрон - деталь для різних співвідношень діаметрів кулачка і деталі, положень сили різання щодо кулачків і кутів їх розточування. В статті [9] всі основні фактори, що впливають на точність обробки деталі в патроні були визначені шляхом складання бюджету помилок і систематичних вимірювань. З результатів була розроблена карта помилок, яка підсумовує зв'язок між цими факторами і їх вплив на похибку обробки деталі. В [10] розроблений патрон, який вимірює під час різання зусилля затиску на заготовці. Розроблено спеціальний кулачок із застосуванням методу скінченних елементів. Це дозволило знайти кореляцію між відхиленнями заготовки і зусиллям і жорсткістю затиску. В роботі [11] досліджується критична сила згину та радіальна жорсткість затиску патрона і способи її поліпшити. В літературних джерелах не виявлено надійних методик приведення параметрів жорсткості технологічної системи патрон - деталь.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Поряд з ними існує та поки що не отримав досить широкого поширення інший тип *визначення жорсткості системи патрон - деталь, який можна здійснювати теоретичними розрахунками, зокрема шляхом визначення приведеної жорсткості системи до конкретної точки чи елемента*. Розробка методики та аналіз результатів досліджень складають наукову основу даної роботи. Метою роботи є розробка методик визначення приведеної жорсткості технологічної системи патрон - деталь.

Викладення основного матеріалу. На кафедрі “Конструювання верстатів та машин” НТУУ “КПІ” розроблена спеціальна методика визначення приведеної жорсткості системи патрон - деталь токарних верстатів, які дозволяють визначити параметри їх жорсткості: радіальну та поворотну. Дана методика використана під час виконання досліджень приведених характеристик жорсткості технологічної системи плунжерний патрон – деталь токарного верстату ТАК-102, що серійно випускається Київським ВАТ «Веркон» (рис.1).

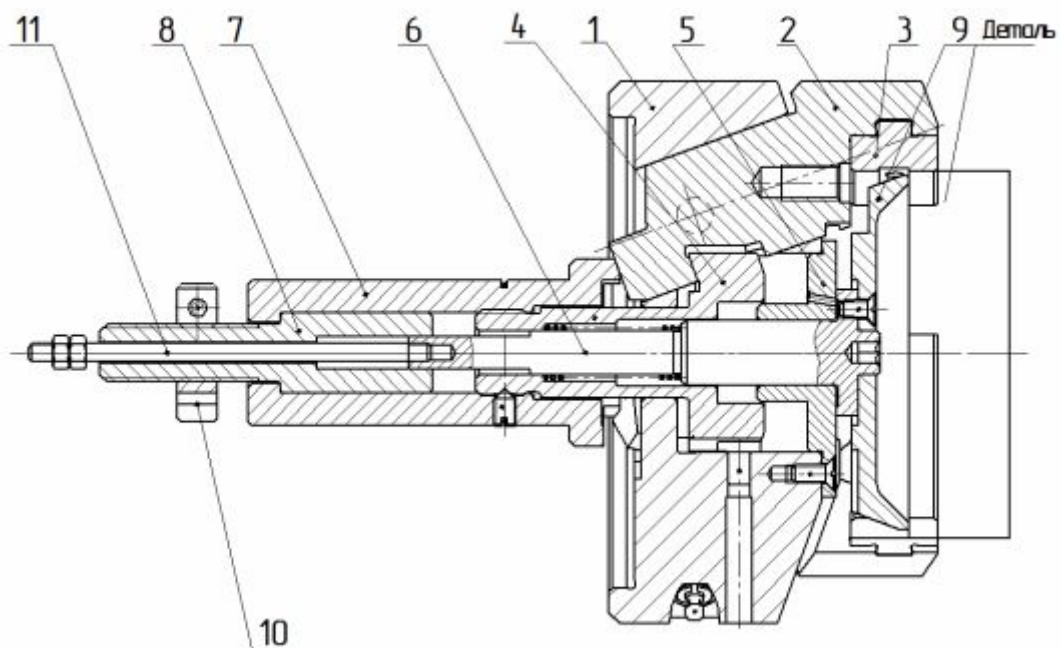


Рис. 1. Конструктивна схема плунжерного затискного патрона

Матрицю просторової жорсткості системи патрон-деталь можна визначити, розглядаючи ланки передавально – підсилюючого механізму, які працюють на стискання та розтискування, або як поступальні елементи. Матриця загальної жорсткості системи плунжерний патрон – деталь встановлює взаємозв'язок між пружним переміщенням в системі координат патрона під дією статичного навантаження та власне навантаженням. Розмірність такої матриці просторової жорсткості 9×9 [4]. Матриця просторової жорсткості дорівнює сумі матриць жорсткості окремих ланок. Серед цих жорсткостей радіальна та кутова при радіальному навантаженні мають найбільший вплив на динамічну

зміну зусилля затиску. У точці прикладання зусилля затиску воно викликає переміщення затискного кулачка, що складається з окремих переміщень всіх елементів, що беруть участь в передачі енергії від приводу, таких як затискний кулачок (змінний), основний кулачок (підкулачник), передавально - підсилюючий механізм і корпус патрона, а також переміщення в самих елементах. В дослідженні розглядається лінійна залежність, яка справедлива лише для малих величин пружних переміщень та у випадку статичного навантаження. На основі отриманих даних будують математичні моделі, які є підставою для аналізу і визначення необхідних заходів для розробки рекомендацій щодо підвищення жорсткості затискного патрона і точності обробки. Цей підхід доволі складний та трудомісткий.

Для інженерних розрахунків можна використовувати поняття приведеної жорсткості системи патрон-деталь до осі або діаметру затиску. Методику розрахунку проілюструємо на прикладі плунжерного затискного патрона. Трьохплунжерний патрон складається з корпусу 1, в похилих під кутом 20° отворах якого розміщені три плунжери 2, передні кінці яких споряджені затискними елементами 3. Затискні елементи фіксуються в плунжерах 2 гвинтами. Діаметр затискних елементів 98 мм, діаметр корпусу патрона 150 мм. Плунжери 2 з'єднані між собою та з втулкою 8 привода 11 поршнем 4 та фіксуються в осьовому напрямі втулкою 5. В поршні 4 розміщена тяга 6, яка з'єднана з гвинтом 11. З торця затискний патрон закритий кришкою – упором 9, на який базується деталь в осьовому напрямі. Хід поршня 4 та привода 11 обмежується гайкою 10. При складанні затискного патрона всі рухливі з'єднання змащені пастою НП-232 ГОСТ 14068-79. В процесі експлуатації періодично змащуються плунжери 2 вищевказаної пастою.

При консольному затиску деталі на неї діють сили процесу різання, що викликають в затискному патроні осьові та радіальні відтискання. У процесі затискання заготовки після вибирання кутового зазору між корпусом та плунжером з жорсткістю C_K додається контактна жорсткість стику C_{1-2} . Сумарна радіальна приведена жорсткість згідно з врахуванням паралельного та послідовного з'єднання жорсткостей в передавально - підсилюючому механізмі, буде:

$$C_p = \frac{1}{E_1}; \text{ де } E_1 = \frac{1}{C'_{23} + C_{23}} + \frac{1}{C'_E + (C'_{12} + C_{12})\cos\alpha}.$$

де: C_{23} та C'_{23} – контактна жорсткість системи плунжер - заготовка; C_{12} та C'_{12} – контактна жорсткість стику корпус - плунжер (рис.2).

Для визначення контактної жорсткості стиків C'_{23} та C_{23} ; C_{12} та C'_{12} необхідно визначити реакції у точках контакту 1 та 2 штоку та корпусу. З врахуванням контактних деформацій у стиках плунжер - заготовка відтискання на вильоті ℓ_p буде:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4;$$

де y_1 – деформація деталі під дією сили різання; y_2 – контактні деформації у стиках плунжер - деталь; y_3 – контактні деформації у стиках корпус патрона - плунжер; y_4 – переміщення за рахунок повороту плунжера в корпусі на кут θ_{12} :

$$y_1 = \frac{P_p(\ell_p + b)}{EI}; \quad y_2 = \theta_{23}(b + \ell_p); \quad y_3 = \theta_{12}(a + b + \ell_p + \ell);$$

$$\theta_{23} = \frac{2(R'_{23} + R_{23})}{C_{23} \cdot b}; \quad \theta_{12} = \frac{2(R'_{12} + R_{12})}{C_{12} \cdot a};$$

де θ_{23} та θ_{12} – кути повороту у стиках плунжер -деталь та корпус – плунжер відповідно (рис.3). З врахуванням повороту кулачка на кут $\Delta\gamma$ до контакту з корпусом відтискання на вильоті ℓ_p буде:

$$y_4 = \Delta\gamma(a + b + \ell + \ell_p);$$

де

$$\Delta\gamma = \frac{R_{12} \cdot \cos\alpha}{C_{12} \cdot h}(a + b + \ell + \ell_p) - \frac{R'_{12} \cdot \cos\alpha}{C'_{12}}.$$

Відстань точки повороту кулачка від торця патрона:

$$h = \frac{R_{12} \cdot a}{R'_{12} + R_{12}}.$$

Радіальна приведена жорсткість системи патрон-деталь з урахуванням переносу на лінію дії радіальної сили затиску T_Σ :

$$\frac{1}{C_P} = \frac{1}{C_{12} + C'_{12}} + \frac{1}{\frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C'_{12}}} + \frac{1}{C_K} + \frac{1}{C_{23} + C'_{23}};$$

$$C_{12} + \frac{C_{12} C'_{12}}{a}$$

Оскільки кут $\Delta\gamma$ мізерно малий (спряження корпус-плунжер виконано по Н6/к6), то складовою y_3 можна знехтувати. Радіальна жорсткість C_P системи патрон-деталь при затисканні нежорсткої кільцевої деталі менша її поворотної жорсткості C_Π , що визначається співвідношенням моменту зовнішніх сил (сил різання M_p) до кута θ повороту деталі навколо точки О. Радіальні відтискання в системі патрон-деталь від повороту деталі значно менші величини радіальних переміщень, викликаних силою затискання та різання.

Скориставшись методикою аналізу пружних відтискань в системі патрон – деталь [2], визначимо сумарний кут θ повороту деталі, затиснутої у плунжерному патроні від сили різання P_p при наступних припущеннях: 1) пружно-фрикційний шарнір утворений трьома шарнірами, причому центри їх не співпадають, як це відбувається у цанговому патроні одинарного затискання; 2) затискний кулачок (елемент) контактує з заготовкою по всій довжині та розглядається як балка на пружній основі, маючи граничний кут повороту, рівний кутовому зазору між заготовкою та кулачком; 3) кутове переміщення у стику корпус- плунжер в штокових патронах відсутній, через те, що радіуси кривизни спряжених поверхонь рівні та кутовий зазор між ними дорівнює нулю, тому вони контактують по всій поверхні та навантаження від складових сил різання розподіляється по усій поверхні контакту; 4) затискний кулачок розглядається як балка на двох опорах; 5) радіальна, поворотна та осьові жорсткості усіх затискних елементів однакова.

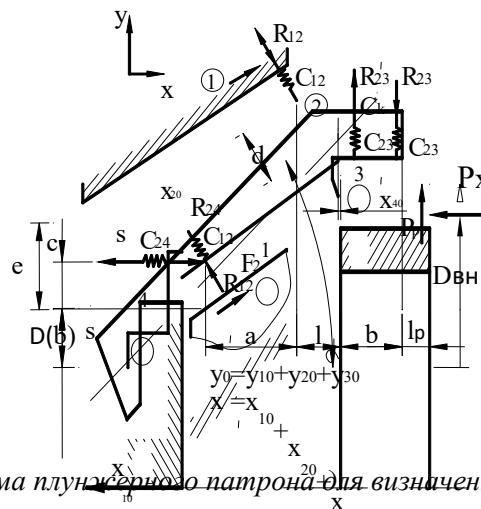


Рис.2. Розрахункова схема плунжерного патрона для визначення приведеної жорсткості

У відповідності з розрахунковою схемою (рис.3) та прийнятими припущеннями визначимо відповідні складові сумарного кута повороту та поворотну жорсткість системи патрон - деталь. Кут повороту заготовки θ_{23} відносно затискних елементів через різницю контактних деформацій у стику заготовка-затискний елемент:

$$\theta_{23} = \frac{2(R_{23} + R'_{23})}{C_{23} \cdot b};$$

де

$$R'_{23} = \frac{1}{b} \left(R_X \frac{D_{BH}}{2} + P_p \ell_p \right); \quad R_{23} = \frac{1}{2} \left[P_X \frac{D_{BH}}{2} + P_p (\ell_p + \ell) \right];$$

R'_{23} і R_{23} - реакції у точках контакту заготовки та затискного елемента;

$$P_p = \sqrt{P_y^2 + R_z^2};$$

де P_p – радіальна та P_X – осьова складова сили різання. Кут повороту θ_{12} у стику корпус – плунжер дорівнює:

$$\theta_{12} = \frac{2(R_{12} + R'_{12})}{C_{12} \cdot a};$$

де

$$R_{12} = \frac{P_p(a + b + \ell + \ell_p) + P_x(D_{BH} - d)}{a}; \quad R'_{12} = \frac{P_p(b + \ell + \ell_p) + P_x(D_{BH} - d)}{a};$$

Реакції R_1 та R_2 - реакції у точках взаємодії корпусу і кулачка.

Таким чином, отримавши сумарний кут повороту $\theta = \theta_{23} + \theta_{12}$ системи патрон - деталь для плунжерного патрона. Визначимо її поворотну жорсткість:

$$C_{\Pi} = \frac{M_p}{\theta} = \frac{M_p}{\theta_{23} + \theta_{12}};$$

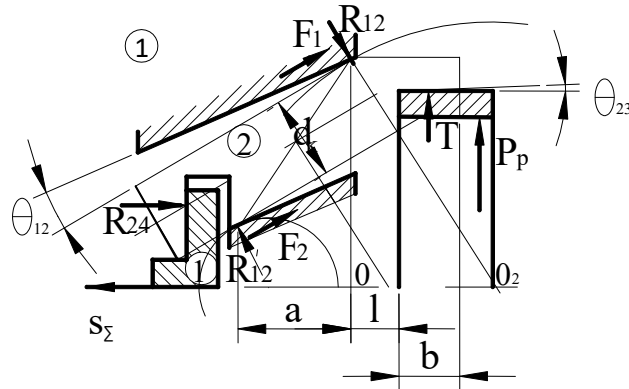


Рис.3. Розрахункова схема плунжерного патрона для визначення силових факторів

Радіальна жорсткість C_p системи патрона при затисканні нежорсткої деталі менша її поворотної жорсткості C_{Π} , що визначається співвідношенням моменту зовнішніх сил (сил різання M_p) до кута θ повороту деталі навколо точки О. Радіальні відтискання від повороту деталі значно менші величини радіальних переміщень, викликаних силою затискання та різання.

Висновки. В результаті проведення досліджень визначенні приведені поворотні та радіальні жорсткості системи плунжерний патрон - деталь токарного верстату. На результатах досліджень розроблені рекомендації по зменшенню впливу нелінійних параметрів жорсткості верстату на точність обробки, що використовуються при проектуванні верстатів ВАТ "Веркон". Представлений спосіб і методика контролю жорсткості системи патрон - деталь металорізальних верстатів показали свою працездатність, ефективність, а також достатню простоту реалізації, що найбільш сприятливо для використання у виробничих умовах.

Інформаційні джерела:

1. Орликов М.Л. Динамика станков.- К.:Вища школа.- 1989. – 272 с.
2. Кузнецов Ю.Н. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: монография (в 2-х частях) / Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Эль-Дахаби — К.: ООО «ГНОЗИС». — Ч.1, 2009. — 270 с.; Ч. 2, 2010. — 466 с.
3. E. Usui. (1994). [Advancement of Intelligent Production: Seventh International Conference on Production/Precision Engineering, 4th International Conference on High Technology, Chiba, Japan, 15-17 September 1994](#)
4. Feng P.F. (2003). Berechnungsmodell zur Ermittlung von Spannkraeften bei Backenfuttern. Technische Universität Berlin, Berlin.
5. Doi M, Masuko M, Ito Y, Tezuka A (1985) A study on parametric vibration in chuck work. Bull JSME Jpn Soc Mech Eng 28(245):2774–2780
6. Lee J., Lee S. (2004) Chucking compliance compensation with a linear motor-driven tool system [J]. Int J Adv Manuf Technol 23(1–2):102–109
7. Rahman M (1989) A study on the deviation of shape of a turned workpiece clamped by multiple jaws. CIRP Ann Manuf Technol 38(1):385–388
8. Ema S., Marui E. (1994) Chucking performance of wedge-type power chucks. J Eng Ind Trans ASME 116(1):70–77.

9. Byun J, Liu C.R. (2012) Methods for improving chucking accuracy. J Manuf Sci Eng Trans ASME 134(5) (10 pages):051004.
10. Eggebrecht M., Georgiadis A., Wagner T. Strategies for correcting the workpiece deformation during the manufacturing at the milling process. Conferences 2013 - Sensor 2013.
11. Wang J. Zhang J., Feng P., Wu Z., Zhang G.. (2015). Modeling and simulation for the critical bending force of power chucks to guarantee high machining precision. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. July 2015, Volume 79, [Issue 5–8](#), pp 1081–1094.

А.В. Литвин, к.т.н., И.Р. Ящук, С.С. Раус

Національний технічний університет України

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Украина

ПРИВЕДЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ ПАТРОН -ДЕТАЛЬ ТОКАРНОГО СТАНКА

Технологическая система станка представляет собой систему, жесткость элементов которой в процессе обработки обуславливающих возникновение систематических и случайных погрешностей размеров и геометрической формы обрабатываемых заготовок. Вместе с тем, эта технологическая система является замкнутой динамической системой, способной к возбуждению и поддержанию вибраций, порождающих ошибки формы обрабатываемых поверхностей (некруглость, волнистость) и увеличивают их шероховатость. Жесткость зажимных патронов имеет большое влияние на точность обработки, на динамическую картину зажимных усилий, изгибающих и перекидных моментов и характеризует их упругие деформации и поведение под воздействием внешних сил и моментов, устойчивость к изменениям их формы и положения. Разработка методов и процессов, позволяющих описать и определить жесткость зажимных патронов, имеет большое практическое значение. Целью работы является разработка методики определения приведенной жесткости элементов технологической системы шпиндель -патрон - деталь. Разработка методики исследований и анализ результатов исследований составляют научную основу данной работы. В результате проведения исследований определении особенности характеристик приведенной жесткости системы патрон - деталь токарного станка. разработаны рекомендации по уменьшению влияния нелинейных параметров жесткости станка на точность обработки, используемых при проектировании станков.

Ключевые слова: патрон, жесткость, точность, конструкции, детали, исследования, станок.

O.Litvin, Ph.D., I.Yashchuk, S.Raus

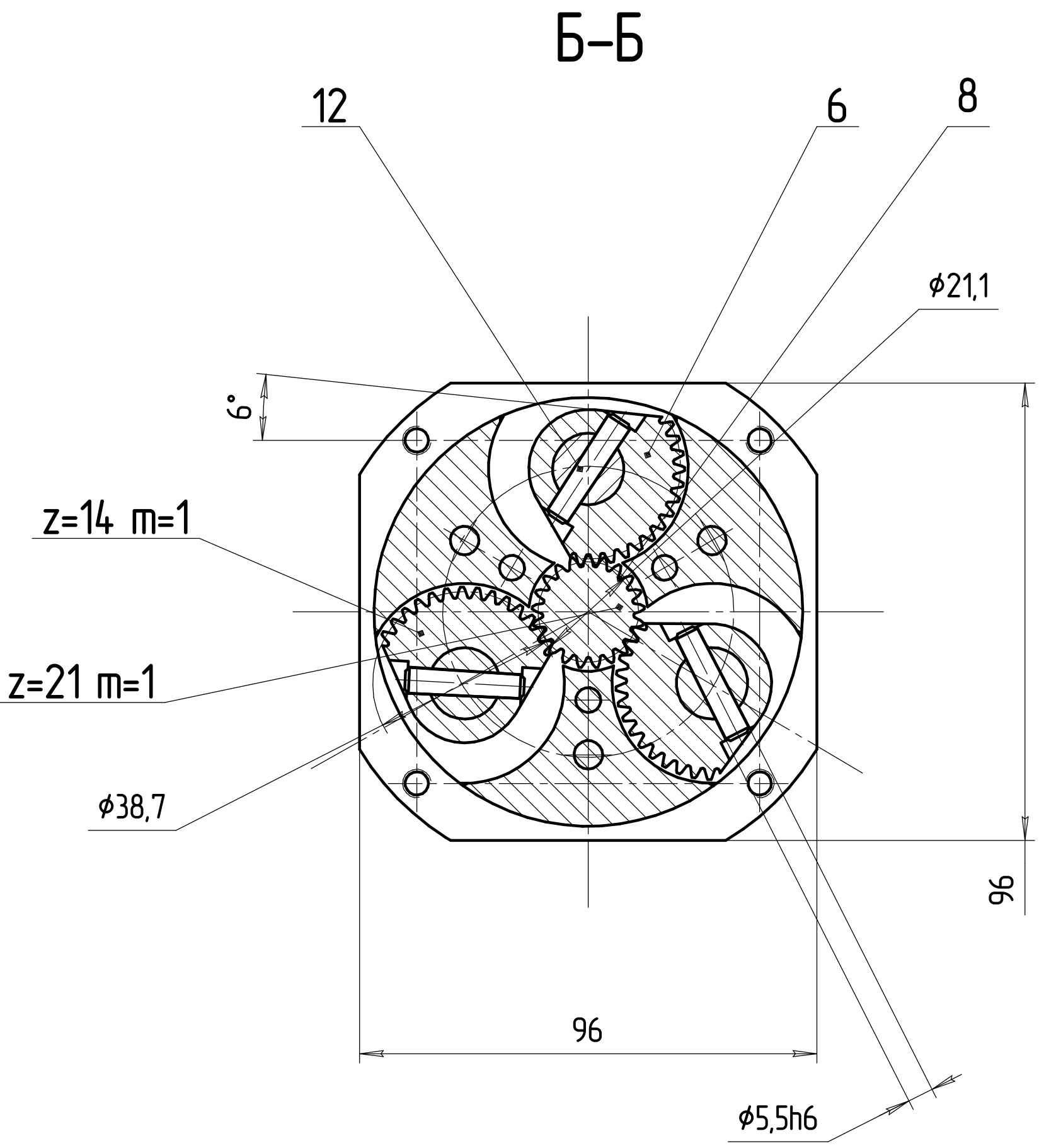
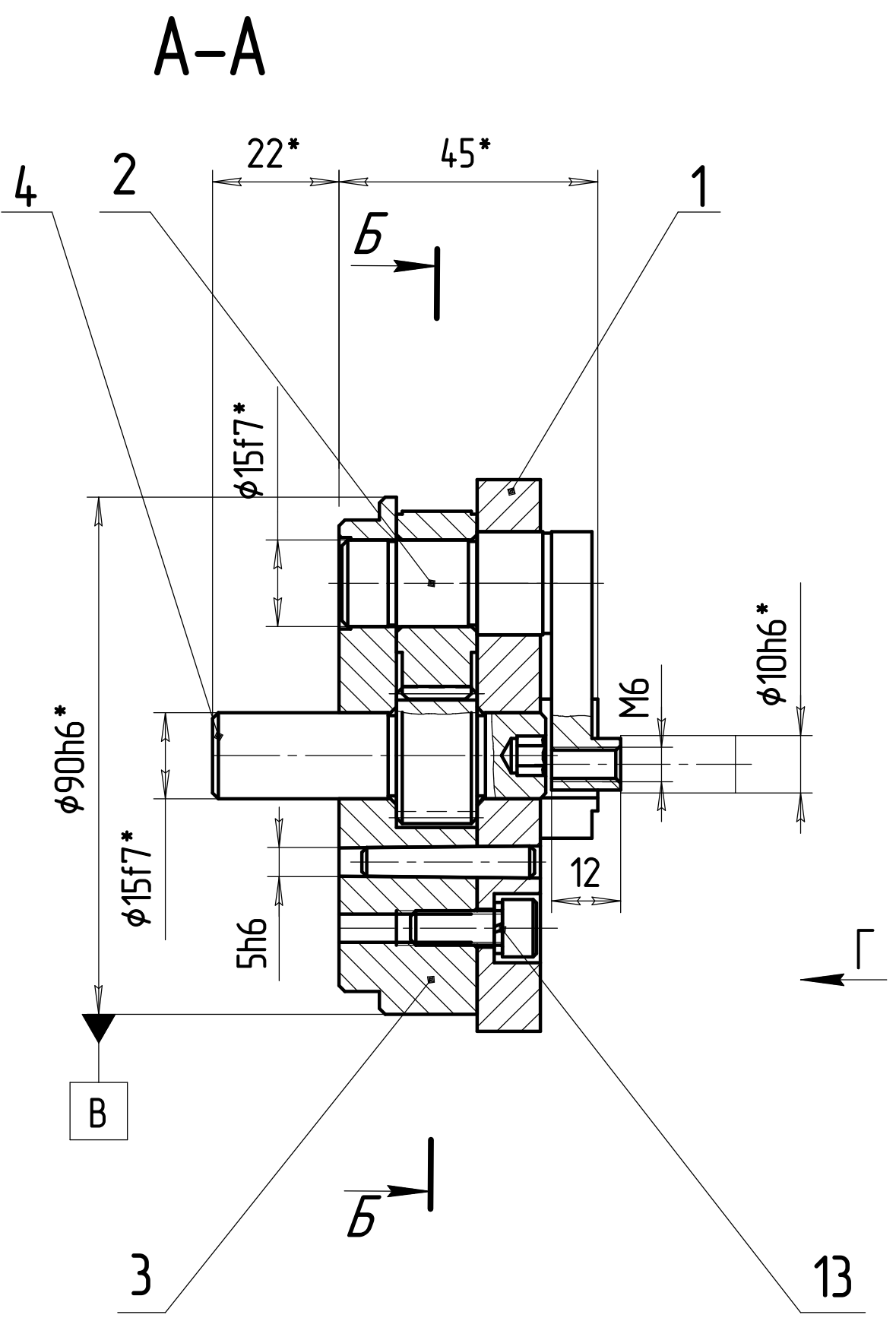
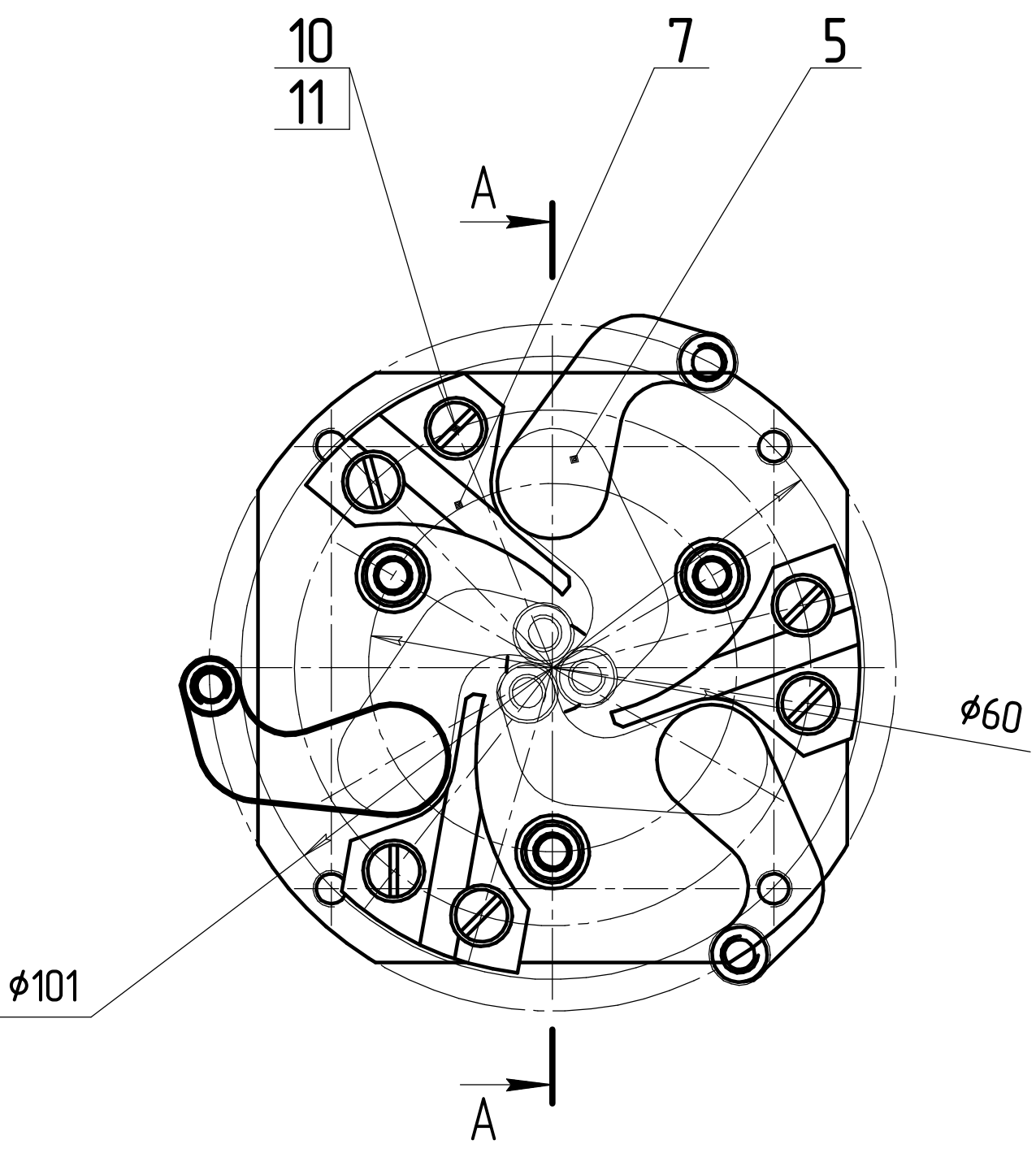
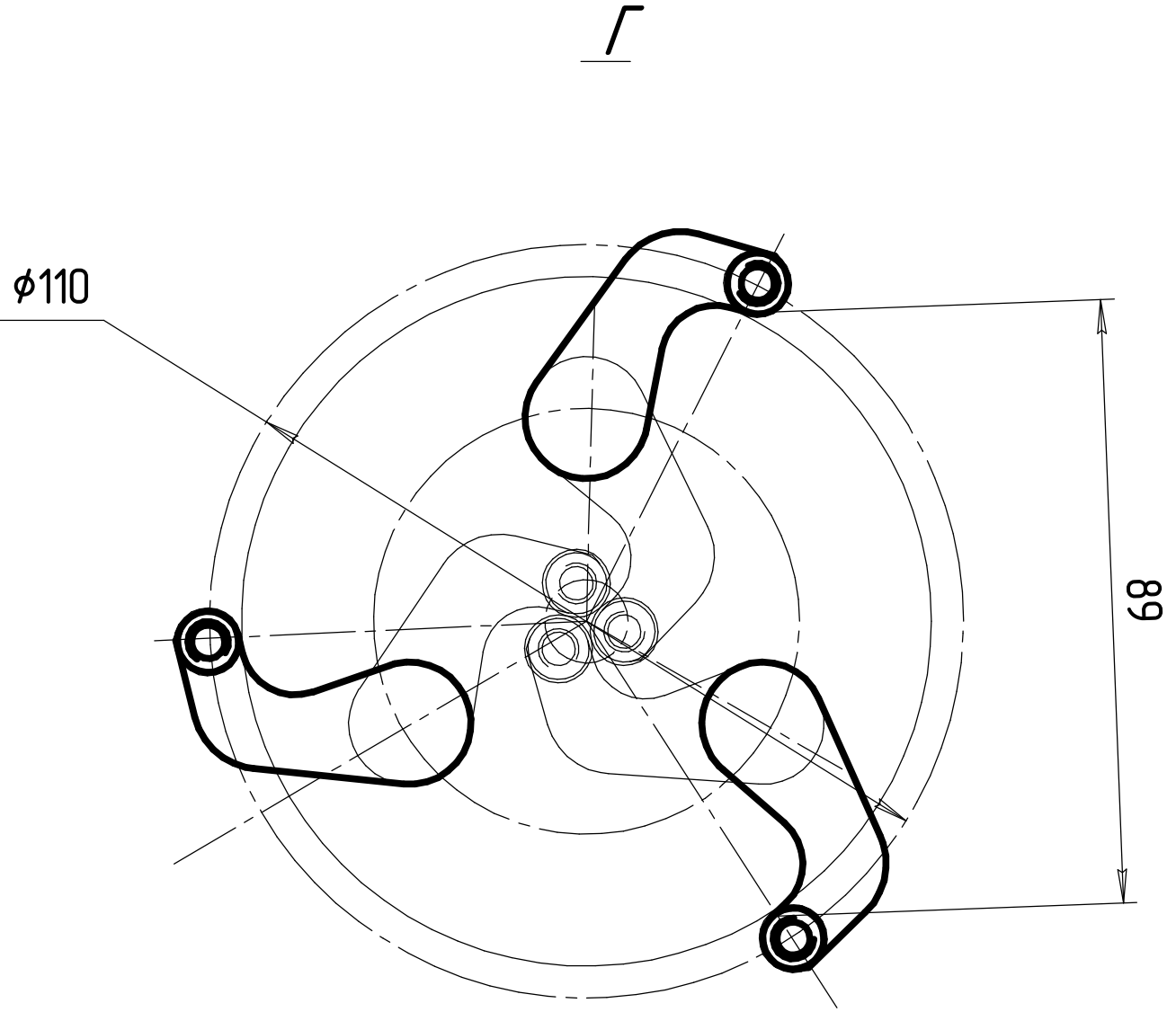
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

CONSTRUCTION OF THE HARDNESS OF THE PATRON SYSTEM-THE DETAIL OF THE TURNING MACHINE

The technological system of the machine is a system, the stiffness of which elements in the process of processing cause the occurrence of systematic and random errors in the size and geometric shape of the workpieces. At the same time, this technological system is a closed dynamic system capable of excitation and maintenance of vibrations that generate errors in the shape of treated surfaces (non-circularity, wavelength) and increase their roughness. The hardness of clamping cartridges has a great influence on the accuracy of machining, on the dynamic picture of clamping forces, bending and overlapping moments and characterizing their elastic deformation and behavior under the influence of external forces and moments, resistance to changes in their shape and position. The development of methods and processes that allow to describe and determine the tightening of clamping cartridges is of great practical importance. The purpose of the work is to develop a method for determining the reduced rigidity of the elements of the technological system spindle -potron - part. The development of research methods and the analysis of research results constitute the scientific basis of this work. As a result of the research the characteristics of the reduced rigidity of the chuck system are determined - the lathe part. The recommendations for reducing the influence of nonlinear parameters of the machine's rigidity on the accuracy of machining, used in the design of machines.

Key words: clamping chuck, stiffness, precision, design, detail, research, machine tool.

Мета, № задачі	Підпис і дата	Варіант, № варіанта	Підпис і дата	Сторінка, №	Титульний аркуш



1.*Разміри для довідок.
2. В різьбаві отвори важелів поз.5 загвинтити технологічі пробкі. Важелі довести до стикання з пробками. Після цього виконати штифтування секторів.
3. При складанні порожнини корпусу наповнити мастилом ВНИИИП-232 ГОСТ 14068.

МВ-8110мп.МД231000 СК	Лист	Масштаб	Масштаб
Захват манипулятора Складальний кресленик	В	1:1	1
Лист	Листов	1	1
Ніконтр. Утв.	КПІ ім. Ізбры Сікорського ММІ, МВ-81мп	Формат А1	Копіюваль

Розрахунок деформацій та напруження по Мізесу кулак за допомогою пакету AutoDesk Inventor 2017

Физические параметры

Материал	Сталь, легированная
Плотность	7,73 г/см ³
Масса	0,038972 кг
Площадь	2654,43 мм ²
Объем	5041,65 мм ³
Центр масс	x=-1,81626 мм y=7,89305 мм z=-0,148413 мм

Настройки сети:

Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,1
Минимальный размер элемента (дробное значение от среднего размера)	0,2
Коэффициент разнородности	1,5
Макс. угол поворота	60 град
Создать изогнутые элементы сетки	Да

Материал(-ы)

Имя	Сталь, легированная	
Общие	Массовая плотность	7,73 г/см ³
	Предел текучести	250 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	400 МПа
	Модуль Юнга	205 ГПа
Напряжение	Коэффициент Пуассона	0,3 бр
	Модуль упругости при сдвиге	78,8462 ГПа
Имена деталей	кулак	

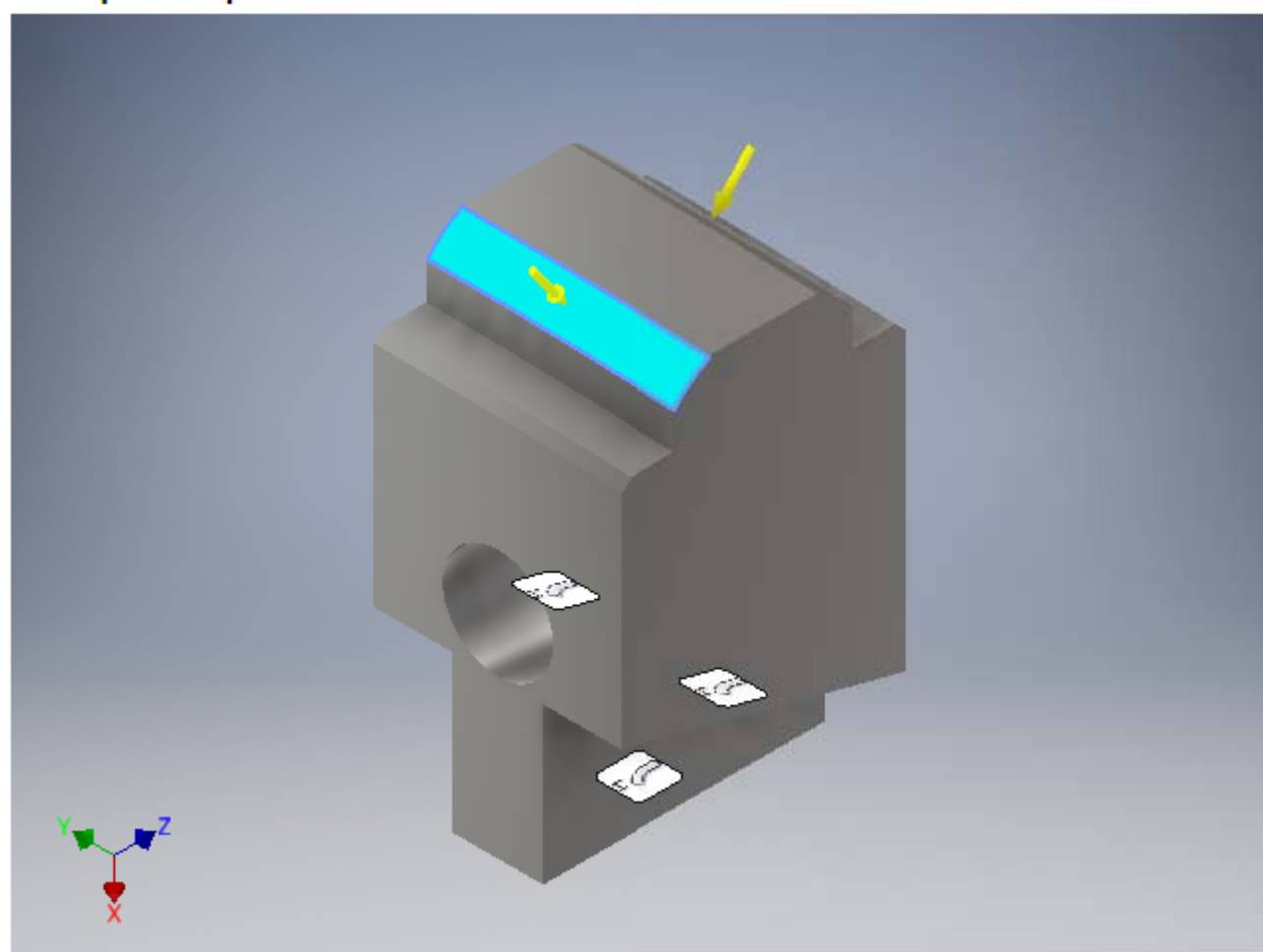
Сила:1

Тип нагрузки	Сила
Величина	107,500 Н
Вектор X	86,513 Н
Вектор Y	1,998 Н
Вектор Z	63,779 Н

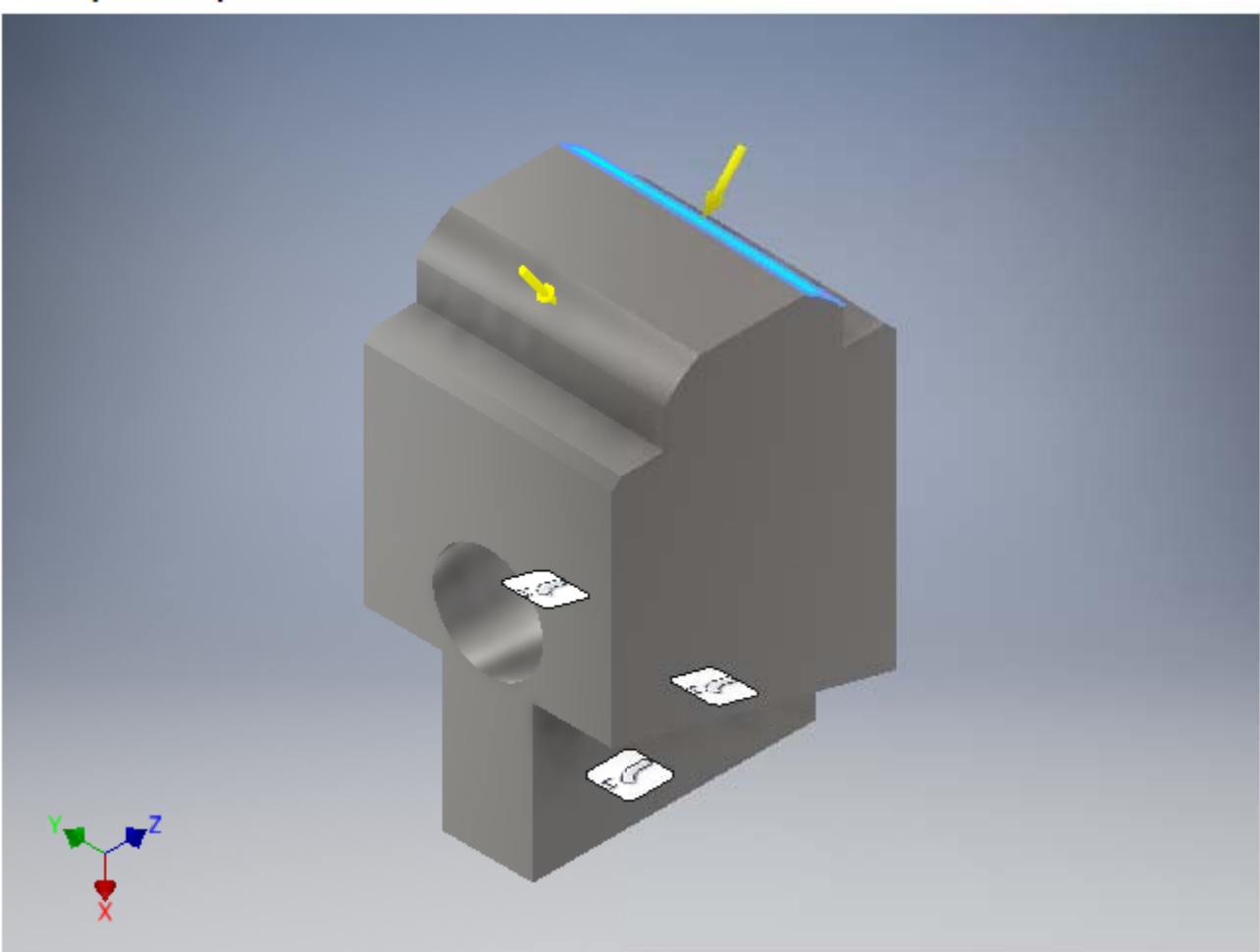
Сила:2

Тип нагрузки	Сила
Величина	107,500 Н
Вектор X	82,168 Н
Вектор Y	2,528 Н
Вектор Z	-69,269 Н

Выбранные грани

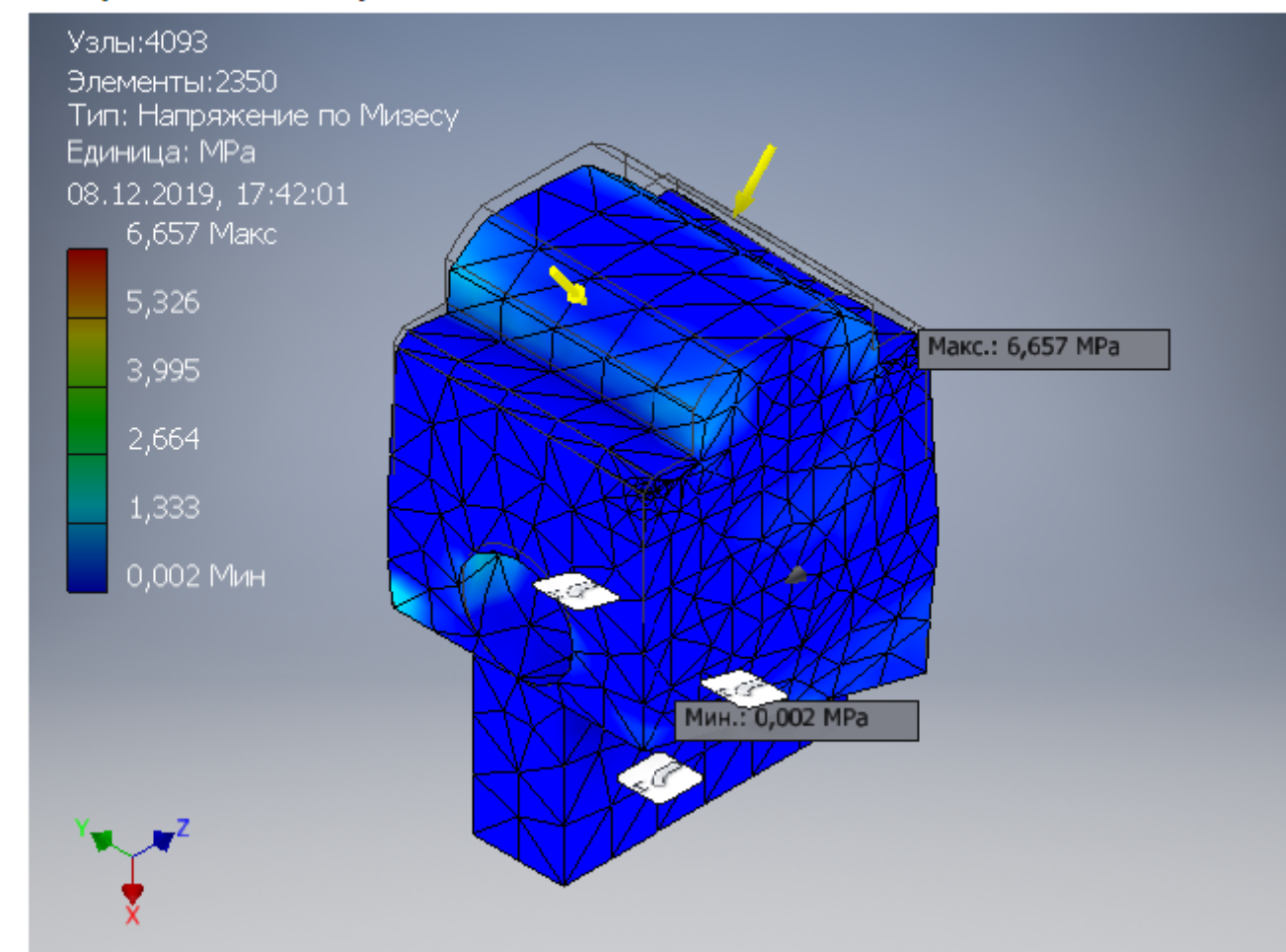


Выбранные грани

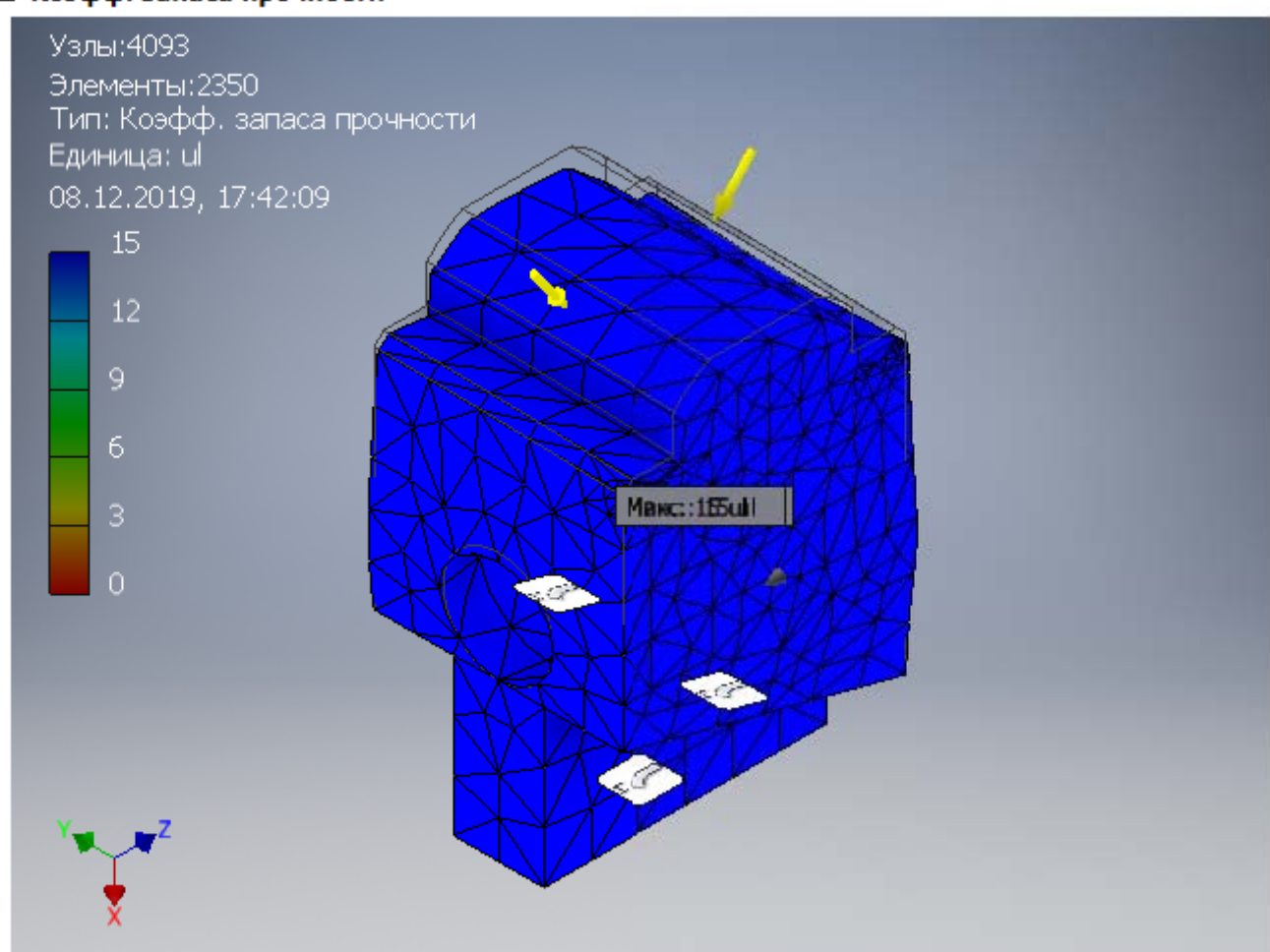


Рисунки

Напряжение по Мизесу



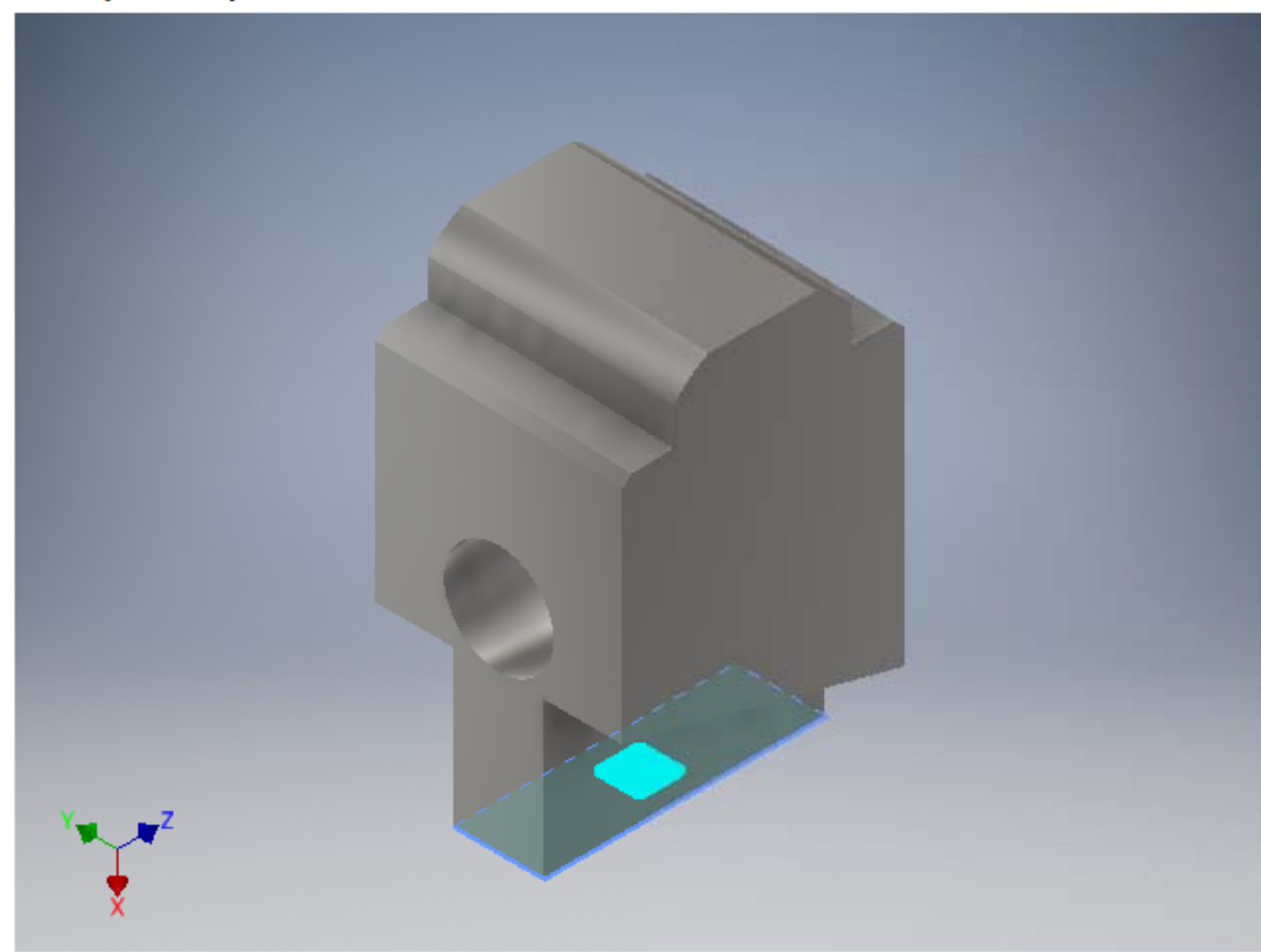
Коэфф. запаса прочности



Зависимость фиксации:1

Тип зависимости | Зависимость фиксации

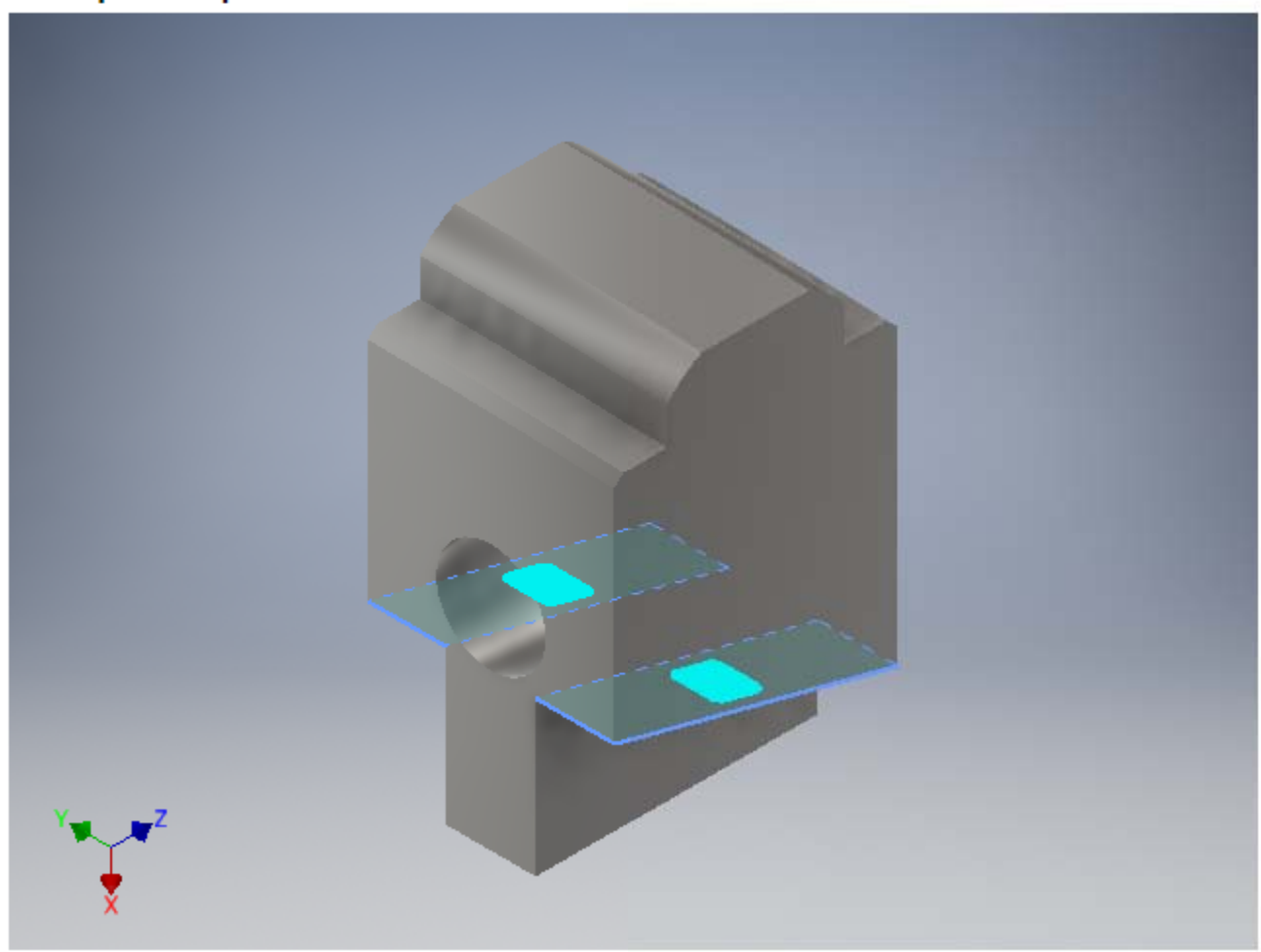
Выбранные грани



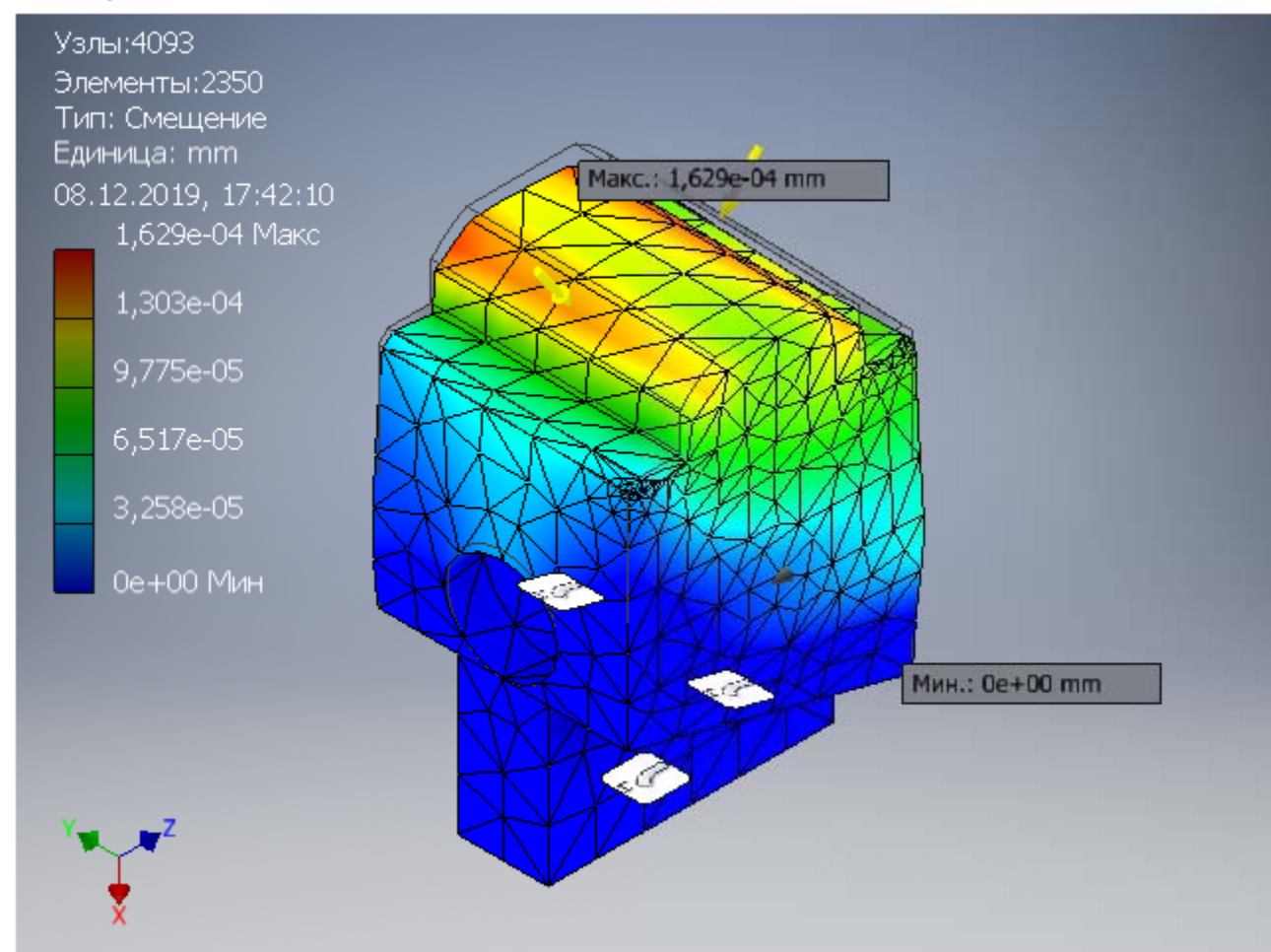
Зависимость фиксации:2

Тип зависимости | Зависимость фиксации

Выбранные грани



Смещение



Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	5041,65 мм ³	
Масса	0,038972 кг	
Напряжение по Мизесу	0,00170969 МПа	6,65667 МПа
1-ое основное напряжение	-4,29311 МПа	11,0016 МПа
3-е основное напряжение	-11,3648 МПа	4,15772 МПа
Смещение	0 мм	0,000162918 мм
Коэфф. запаса прочности	15 бр	15 бр
Напряжение XX	-4,65935 МПа	4,51673 МПа
Напряжение XY	-0,896506 МПа	0,737907 МПа
Напряжение XZ	-0,816465 МПа	0,852854 МПа
Напряжение YY	-11,3618 МПа	11,0013 МПа
Напряжение YZ	-0,40155 МПа	0,352665 МПа
Напряжение ZZ	-4,87206 МПа	4,67129 МПа
Смещение по оси X	-0,000000708523 мм	0,000153149 мм
Смещение по оси Y	-0,0000381364 мм	0,0000614915 мм
Смещение по оси Z	-0,0000100758 мм	0,0000806914 мм
Эквивалентная деформация	0,0000000863474 бр	0,000040701 бр
1-ая основная деформация	0,000000000549644 бр	0,0000402211 бр
3-я основная деформация	-0,0000415158 бр	0,000000567832 бр
Деформация XX	-0,0000153383 бр	0,00000213403 бр
Деформация XY	-0,00000568516 бр	0,00000467941 бр
Деформация XZ	-0,00000517758 бр	0,00000540834 бр
Деформация YY	-0,0000414971 бр	0,0000402188 бр
Деформация YZ	-0,00000254642 бр	0,00000223641 бр
Деформация ZZ	-0,00000898138 бр	0,00000399674 бр

Висновки: Проаналізувавши отриманні данні можна сказати, що розрахований елемент витримує прикладені до нього зусилля та може бути використан в конструкції патрону. Також запас міцності дозволяє змінити розміри деталі, що може поліпшити металомісткість.

Розробник _____/Раус С.С./

Дата _____

Керівник _____/Литвин О.В./

Дата _____

Розрахунок деформацій та напруження по Мізесу штовхач за допомогою пакету AutoDesk Inventor 2017

Физические параметры

Материал	Сталь нержавеющая, 440С
Плотность	7,75 г/см³
Масса	0,0591122 кг
Площадь	3284,22 мм²
Объем	7627,38 мм³
Центр масс	x=0,000000000569631 мм y=40,0843 мм z=-0,151035 мм

Настройки сети:

Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,1
Минимальный размер элемента (дробное значение от среднего размера)	0,2
Коэффициент разнородности	1,5
Макс. угол поворота	60 град
Создать изогнутые элементы сетки	Да

Материал(-ы)

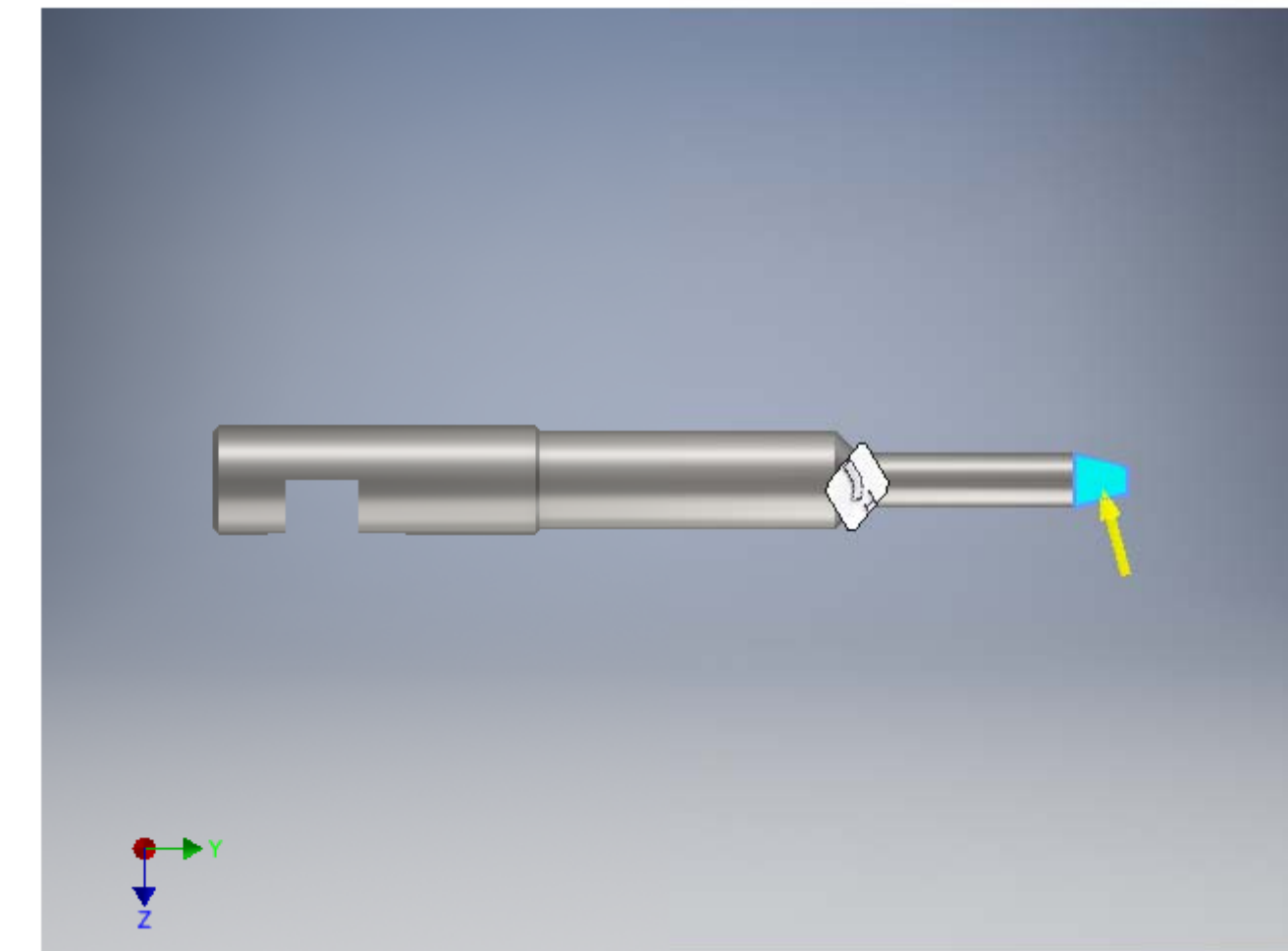
Имя	Сталь нержавеющая, 440С		
Общие	Массовая плотность	7,75 г/см ³	
	Предел текучести	689 МПа	
	Окончательный предел прочности растяжения	861,25 МПа	
Напряжение	Модуль Юнга	206,7 ГПа	
	Коэффициент Пуассона	0,27 бр	
	Модуль упругости при сдвиге	81,378 ГПа	
Имена деталей	толкатель		

Рабочие условия

Сила:1

Тип нагрузки	Сила
Величина	215,000 Н
Вектор X	-51,654 Н
Вектор Y	-55,397 Н
Вектор Z	-201,216 Н

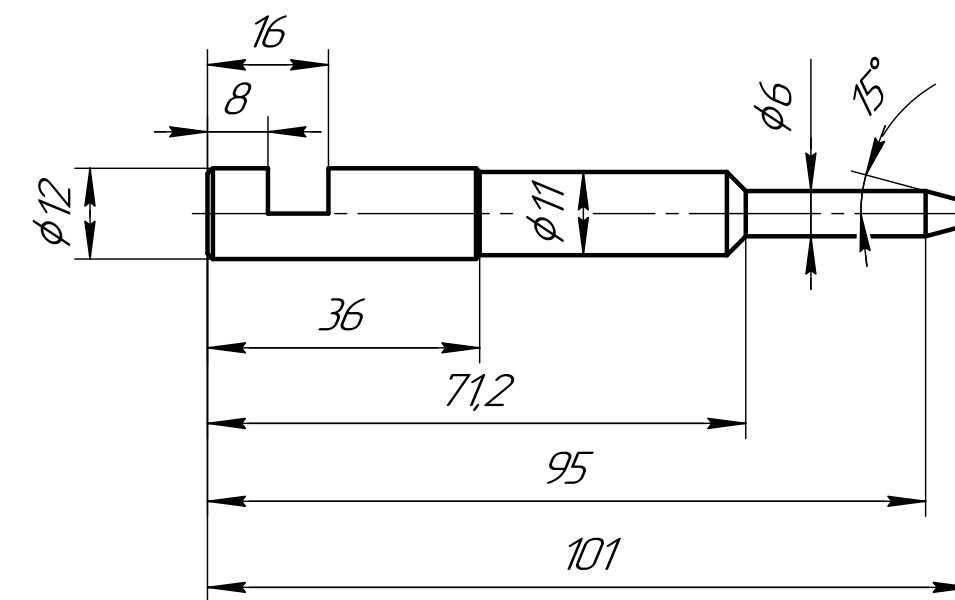
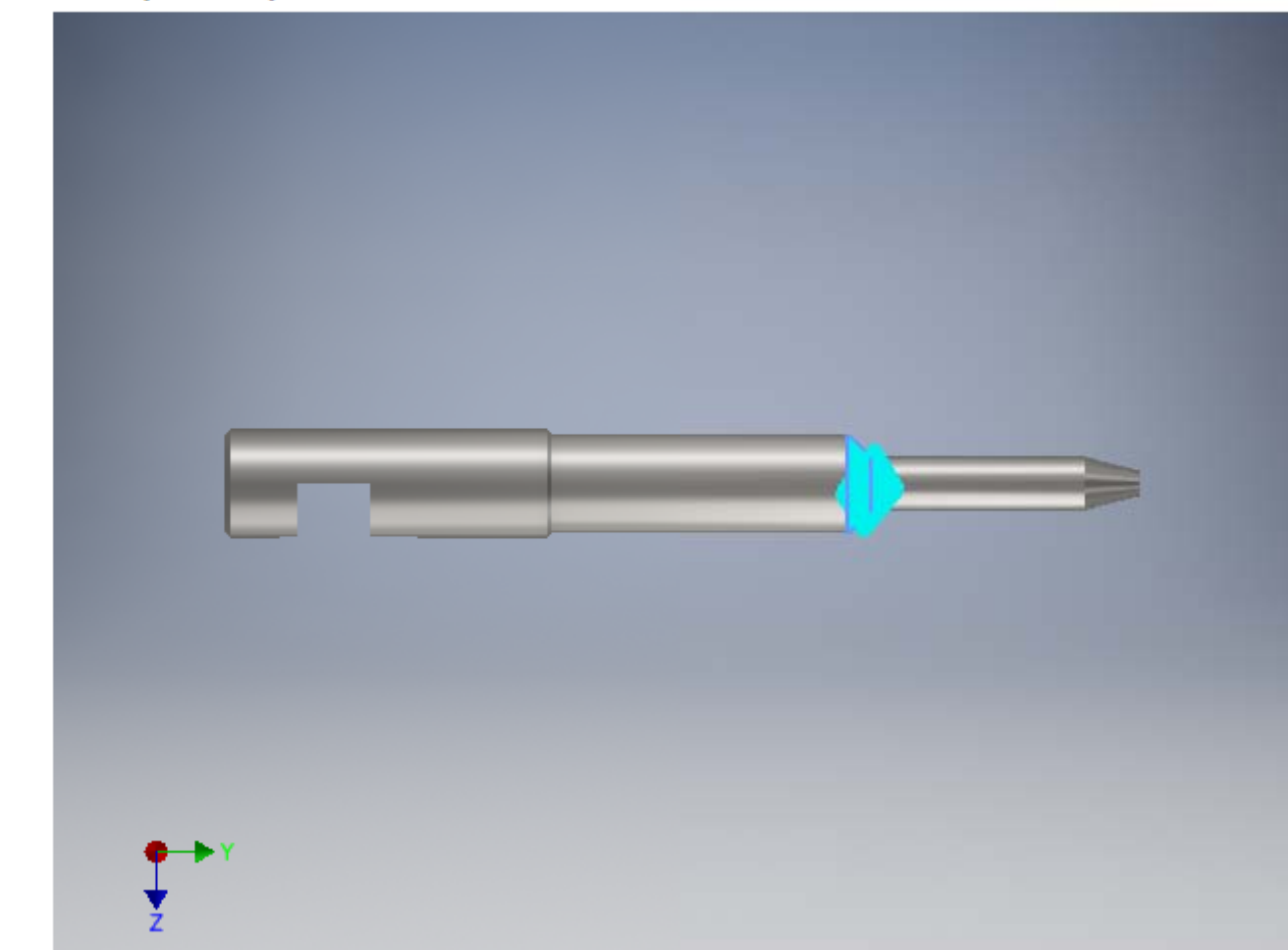
Выбранные грани



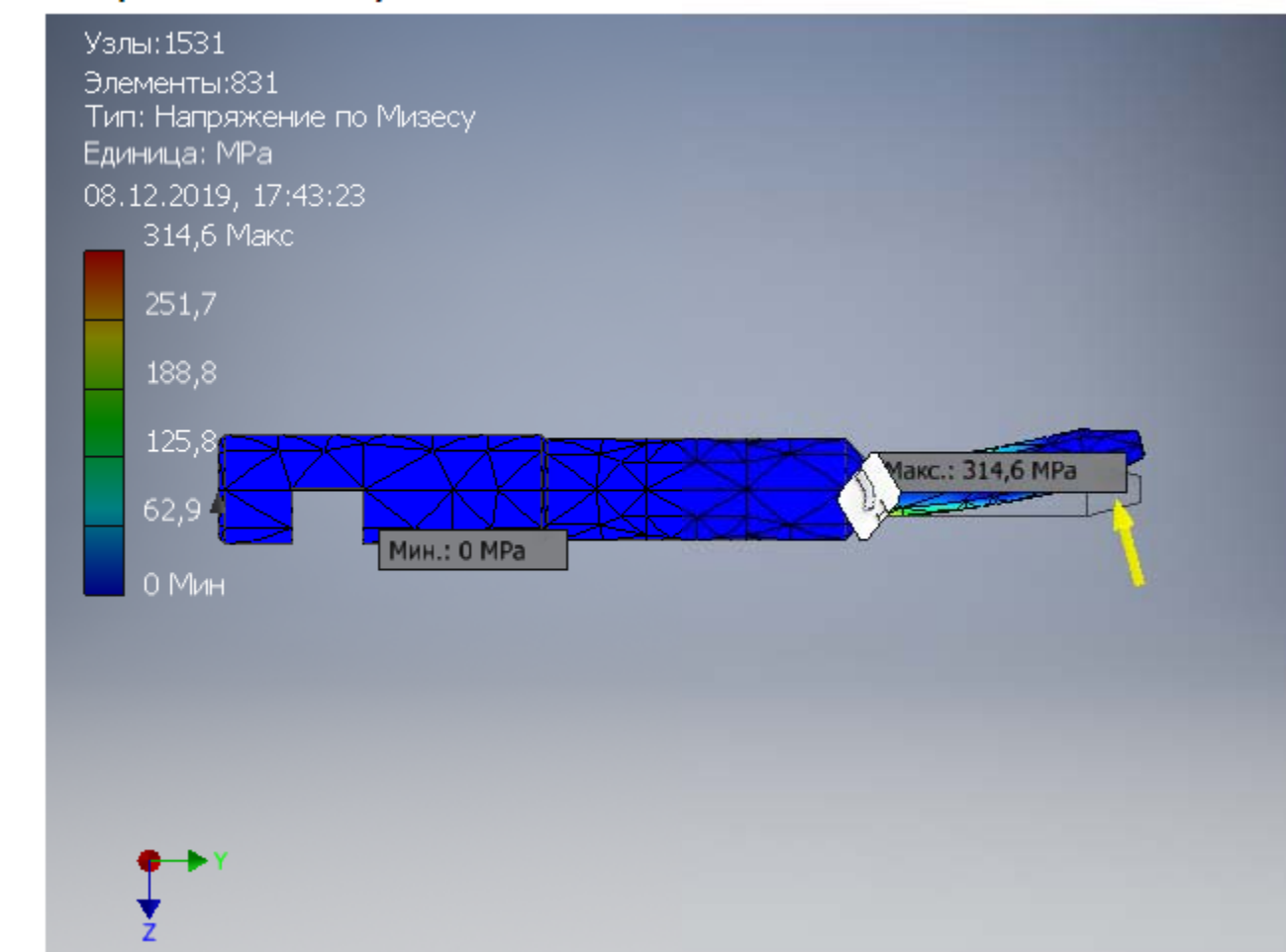
☐ Зависимость фиксации:2

Тип зависимости	Зависимость фиксации
-----------------	----------------------

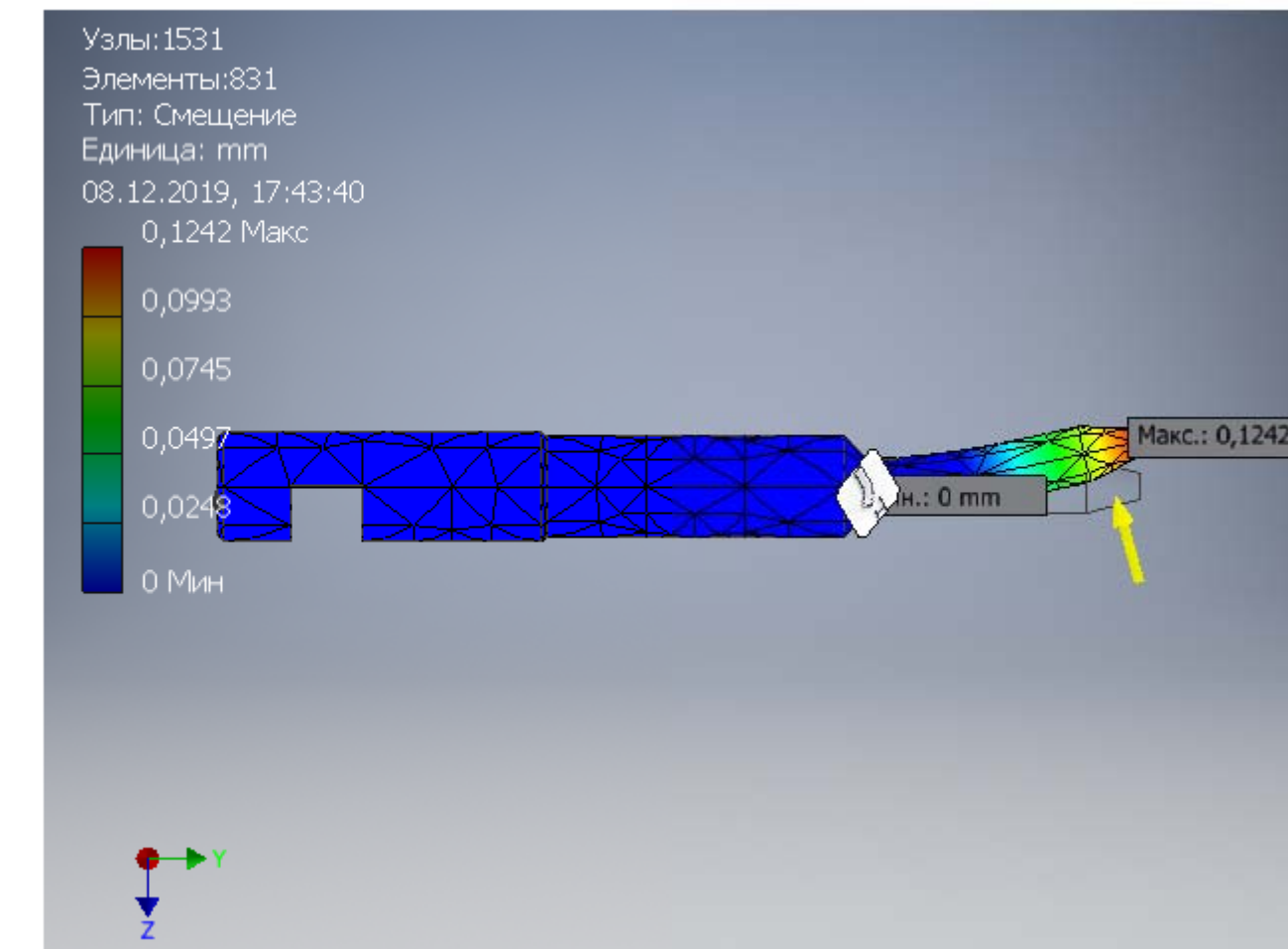
☐ **Выбранные грани**



☐ Напряжение по Мизесу

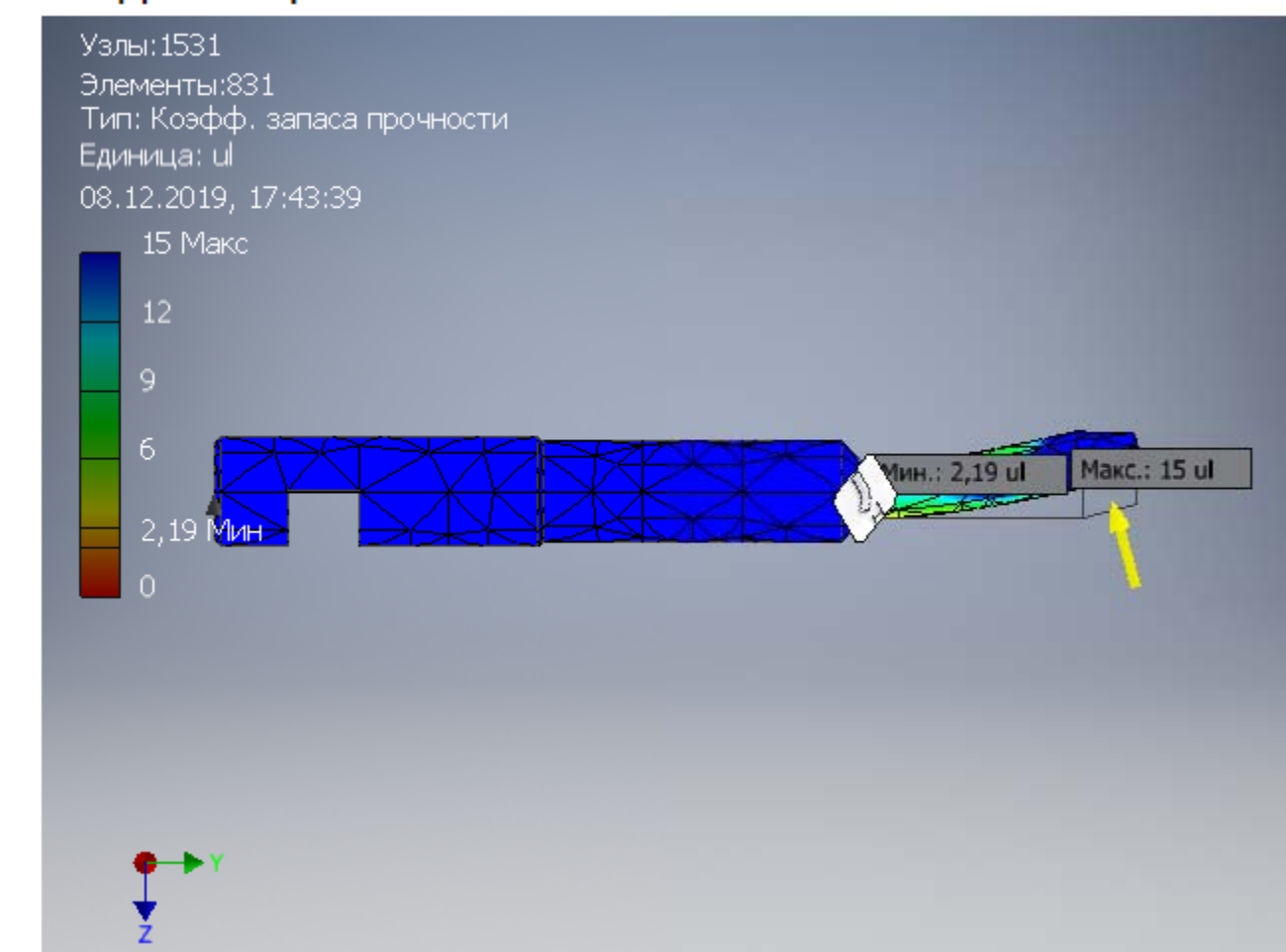


☐ Смещение

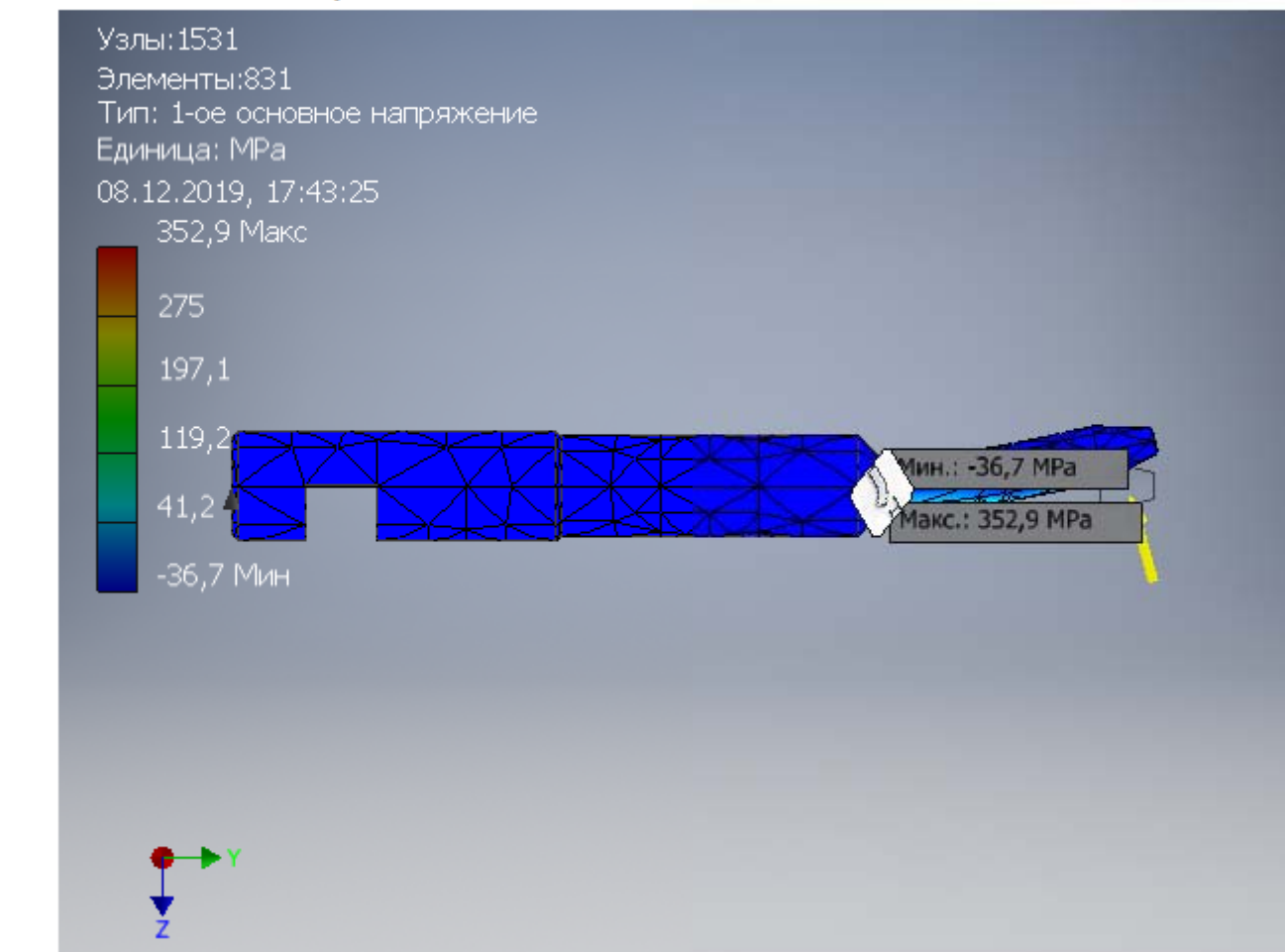


Максимальне переміщення кінця штовхача складає 0.12 мм та являється допустимим .

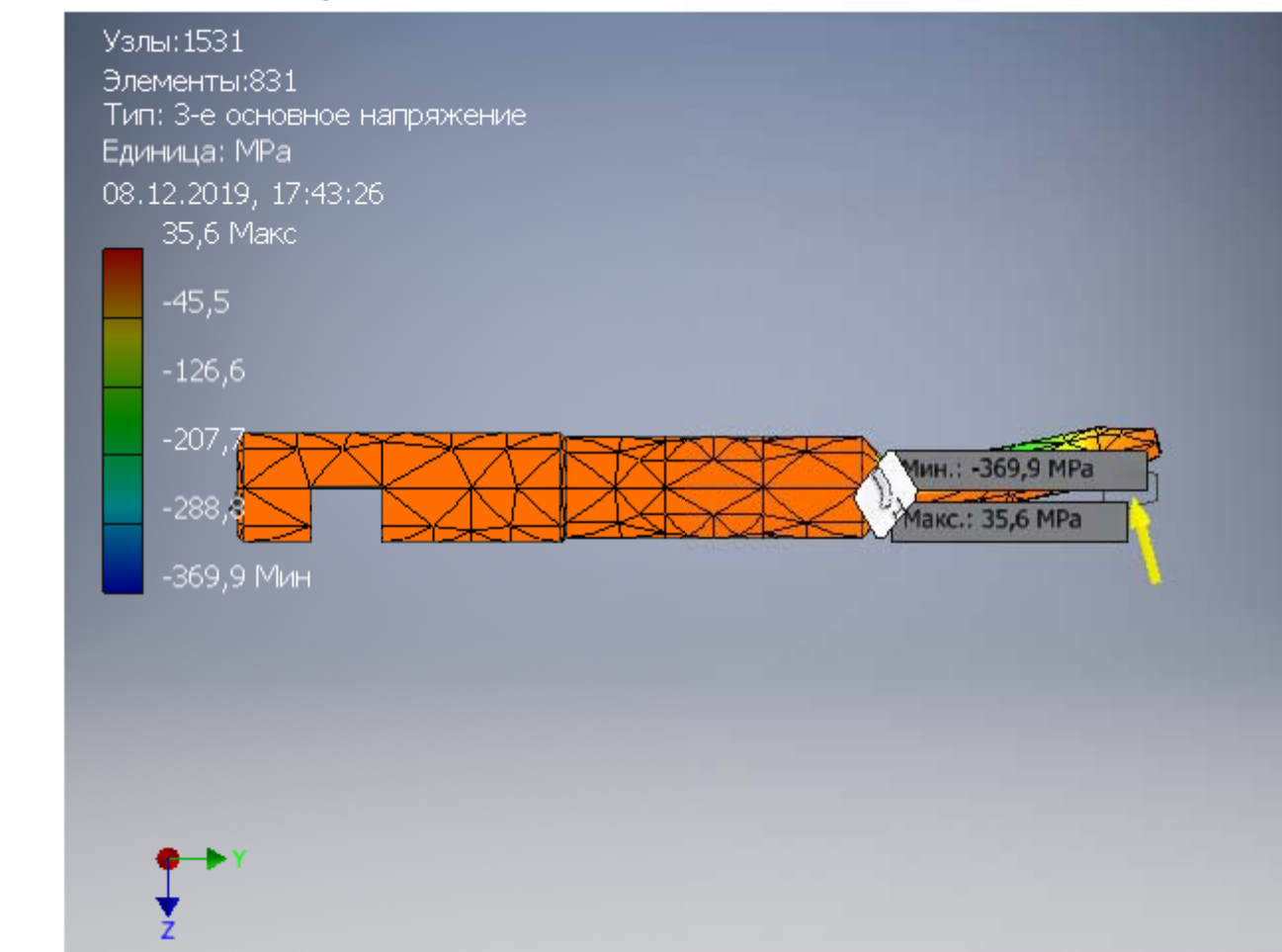
☐ Коэфф. запаса прочности



□ 1-ое основное напряжение



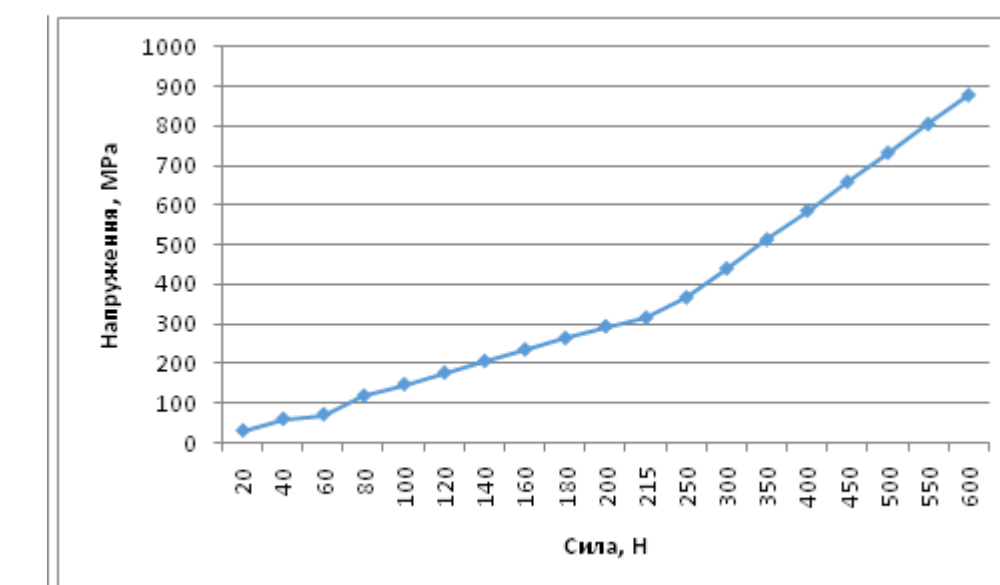
☐ 3-е основное напряжение



Результаты

☐ **Сила и момент реакции в зависимостях**

Имя зависимости	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Зависимость фиксации:2	215 Н	51,6539 Н	5,77679 Н·м	5,59527 Н·м
		55,3975 Н		0 Н·м
		201,216 Н		-1,43677 Н·м



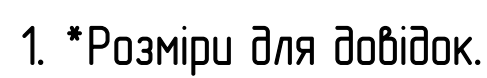
[-] Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	7627,38 мм^3	
Масса	0,0591122 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0000746449 МПа	314,623 МПа
1-ое основное напряжение	-36,6669 МПа	352,875 МПа
3-е основное напряжение	-369,945 МПа	35,6174 МПа
Смещение	0 мм	0,124154 мм
Козфф. запаса прочности	2,18992 бр	15 бр
Напряжение XX	-78,5347 МПа	74,5343 МПа
Напряжение XY	-64,7599 МПа	43,969 МПа
Напряжение XZ	-19,3793 МПа	17,3838 МПа
Напряжение YY	-349,511 МПа	330,778 МПа
Напряжение YZ	-83,5378 МПа	7,01153 МПа
Напряжение ZZ	-64,7724 МПа	56,538 МПа
Смещение по оси X	-0,032338 мм	0,000120293 мм
Смещение по оси Y	-0,0170731 мм	0,0165985 мм
Смещение по оси Z	-0,119606 мм	0,000399054 мм
Эквивалентная деформация	0,000000000308983 бр	0,00138542 бр
1-ая основная деформация	-0,000000000119827 бр	0,00156829 бр
3-я основная деформация	-0,00163988 бр	-0,0000000001082 бр
Деформация XX	-0,000290433 бр	0,0002945 бр
Деформация XY	-0,000397896 бр	0,000270153 бр
Деформация XZ	-0,00011907 бр	0,000106809 бр
Деформация YY	-0,00151433 бр	0,00143252 бр
Деформация YZ	-0,00051327 бр	0,00004308 бр
Деформация ZZ	-0,000319414 бр	0,00032107 бр

Висновки: проаналізувавши отриманні данні можна сказати, що розрахований елемент витримує прикладені до нього зусилля та може буди використан в конструкції патрону. Також запас міцності дозволяє змінити розміри деталі, що може поліпшити металоміцкість.

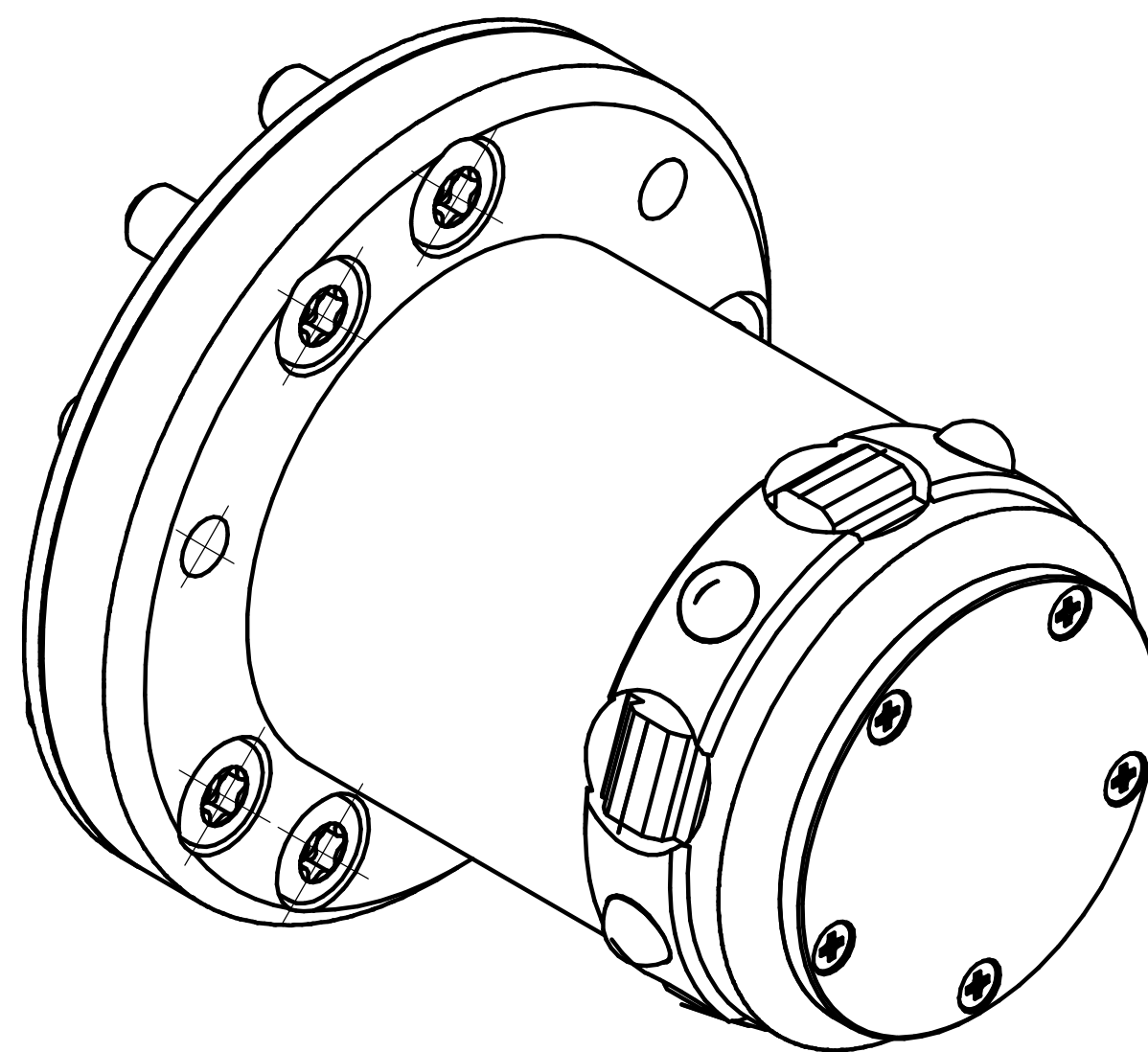
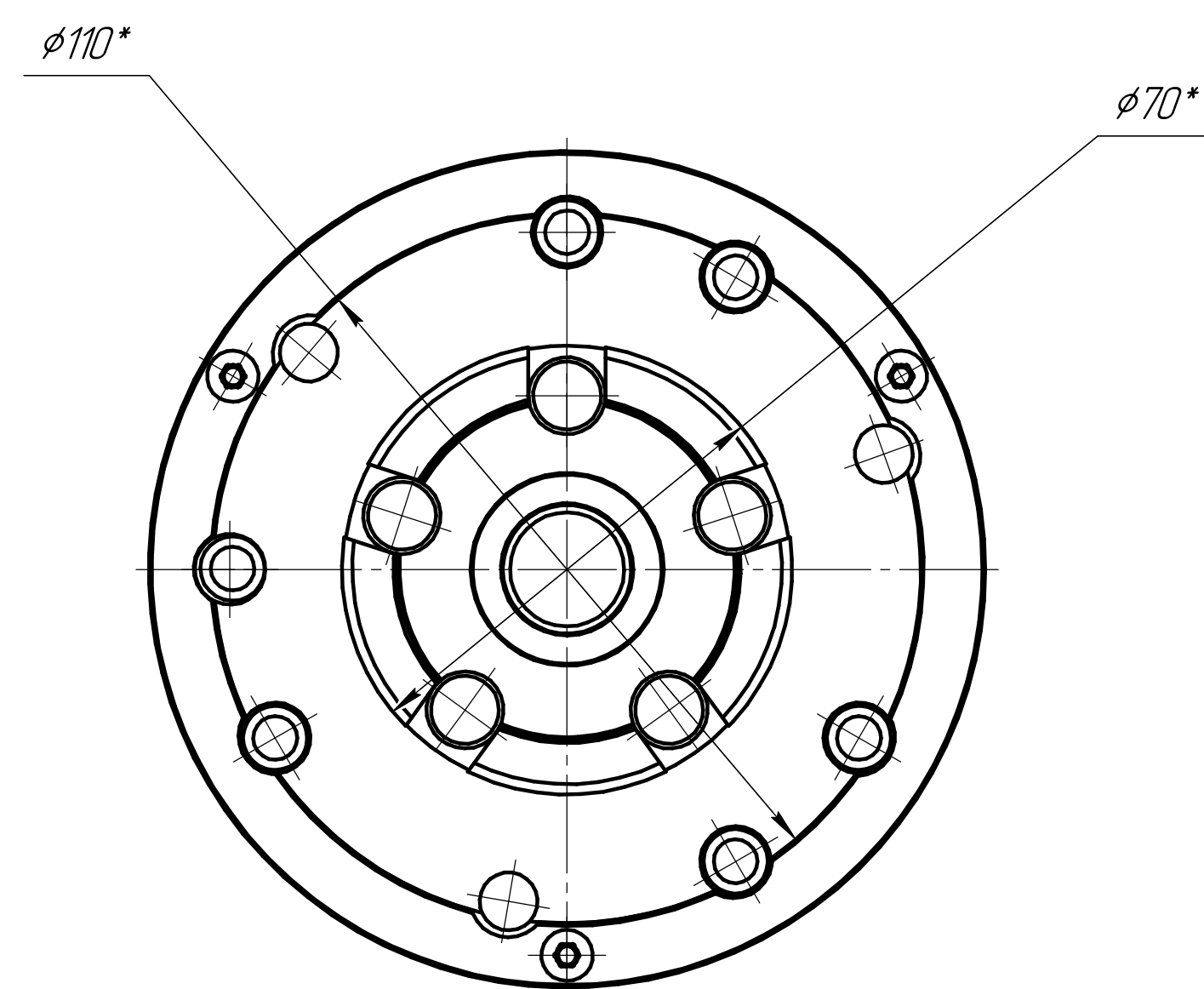
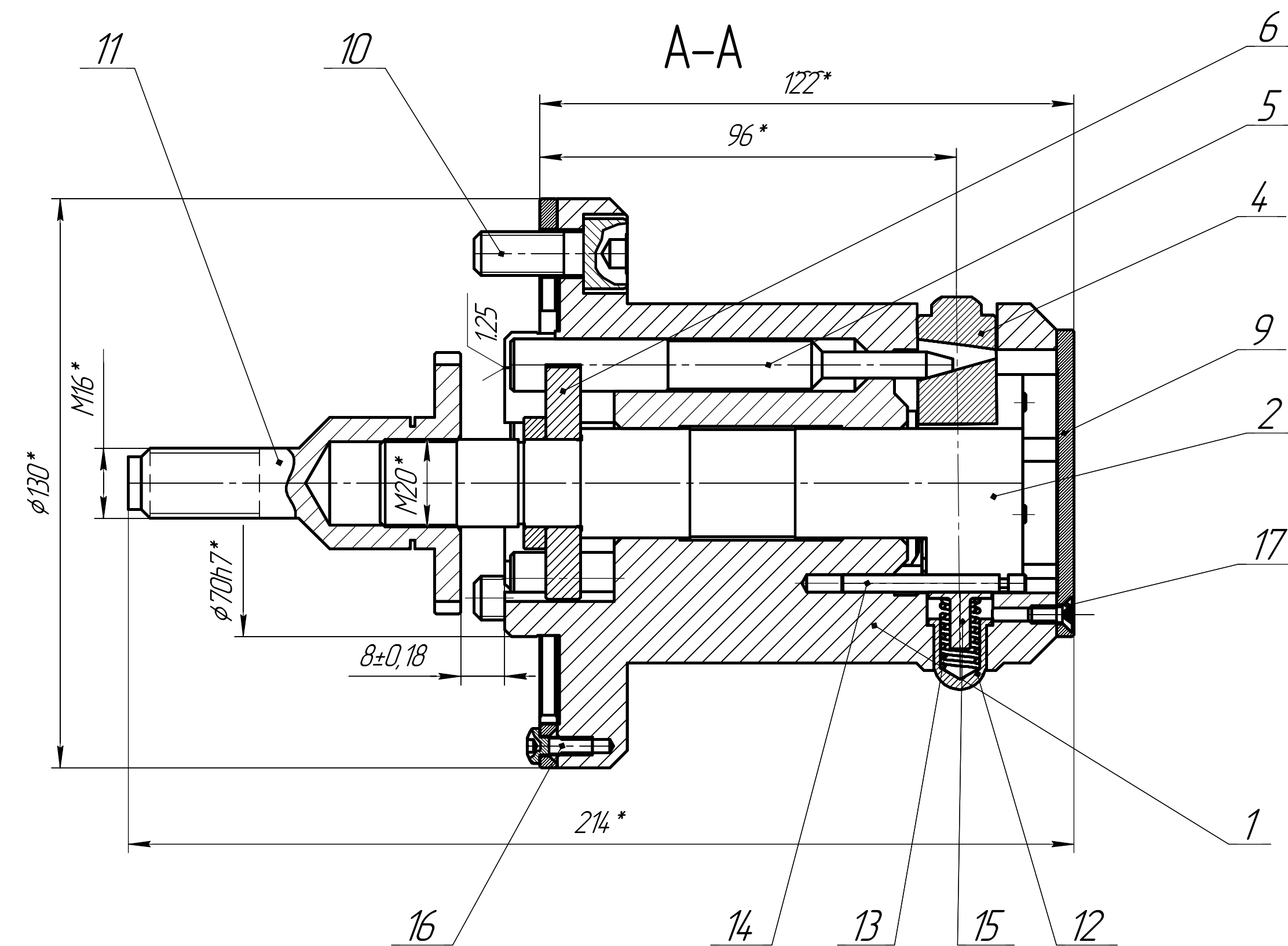
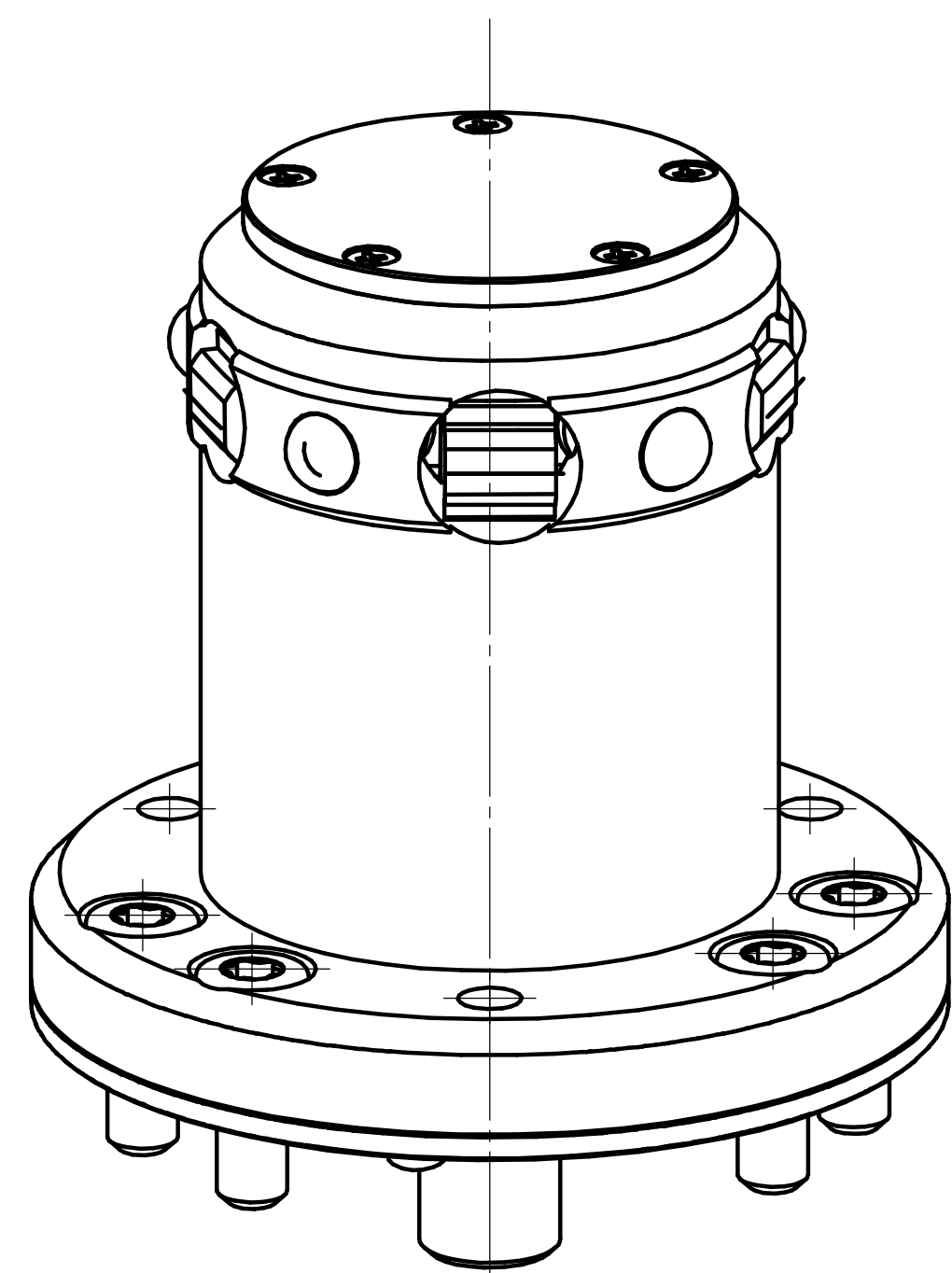
Розробник _____/Раус С.С./
Дата _____
Керівник _____/Литвин О.В./
Дата _____

Мінімальний запас міцності при заданому навантаженні складає 2.2, що більш чим достатньо для експлуатації.



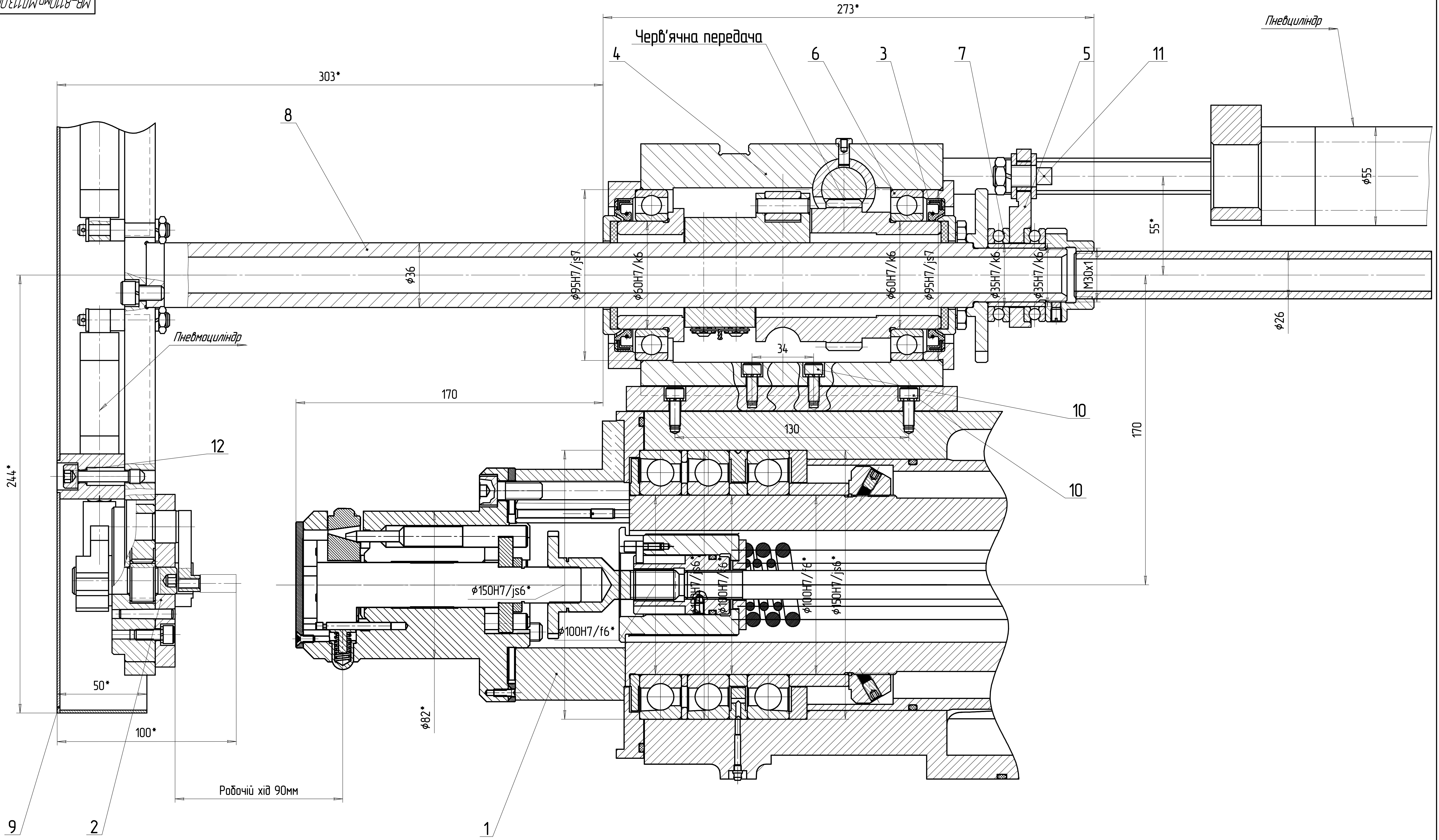
1. Найбільший діаметр заготовки, мм	100
Найбільша довжина заготовки, мм	80
2. Найбільший від супортів, мм від X250, від Y	350
3. Показники робочих і настановних переміщень дискретності задавання переміщень по осях, мм	0,001
Точність позиціонування, мм	0,015
Кількість керованих осей координат, шт.	2
4. Показники основних і допоміжних ривків	
Межі частот обертання шпинделя, об/хв.	100 4000
Максимальна швидкість переміщення супорта, мм/хв	
- поперечна (X)	20000
- подовжня (Z)	20000

Формат А1



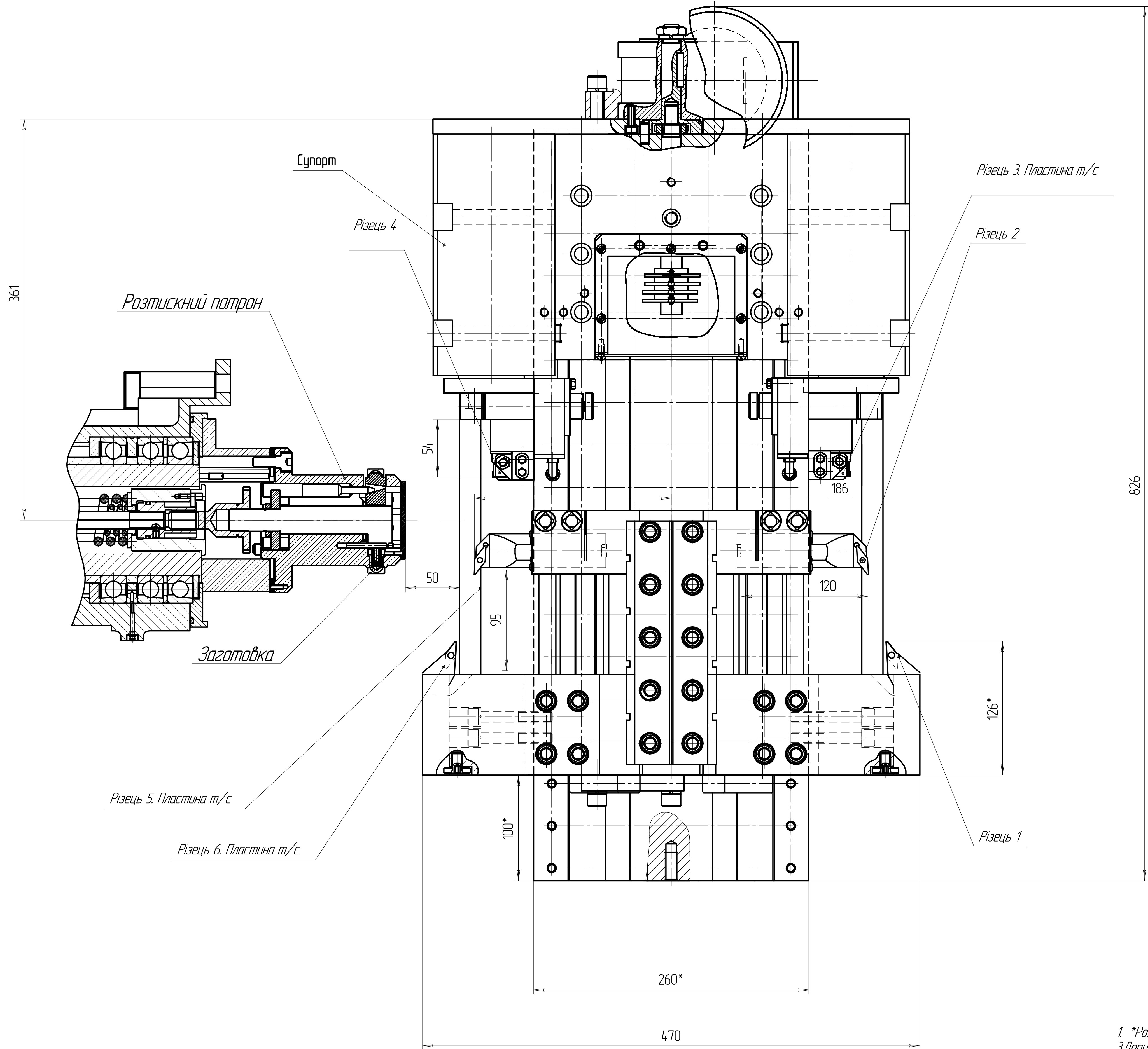
1. *Розміри для довідок
2. Допустиме зусилля затиску $28000 \pm 1000 \text{ Н}$

						МВ-8110мп.МД14 1.000 СК			
						Патрон розтіскний складальний кресленік			
Мзм	Лист	№ докум	Поди	Дата		Лист	Маса	Масштаб	
Розроб		Розц				В	56	1:1	
Проб		Листин				Лист	Листов	1	
Т.контр						КПІ ім. Ізидора Сікорського ММ, МВ-811мп			
Н.контр									
Уліт									



1. *Розміри для довідок.
2. Підгонкою деталей забезпечити співісність 0,05 мм захвату з віссю шпинделя.
3. Підгонкою забезпечити натяг підшипників поз.7 0,01...0,02мм.
5. Підгонкою забезпечити натяг підшипників поз.6 0,02...0,03мм.
6. Різьбу ущільнити фторопластою стрічкою.

				МВ-8110мп.МД113.000 СК		
Ізм. Розроб. Проб. Інж.контр. Начальн. Уд.	Лист	№ док. Рис.	Подп.	Дата	Шпиндель з маніпулятором Складальний креслений	
	В	423				
	Лист	1	Листов	2	КПІ ім. Ігоря Сікорського ММІ, МВ-81мп	
	Начальн. Уд.					
				Копіювальн	Формат А1	

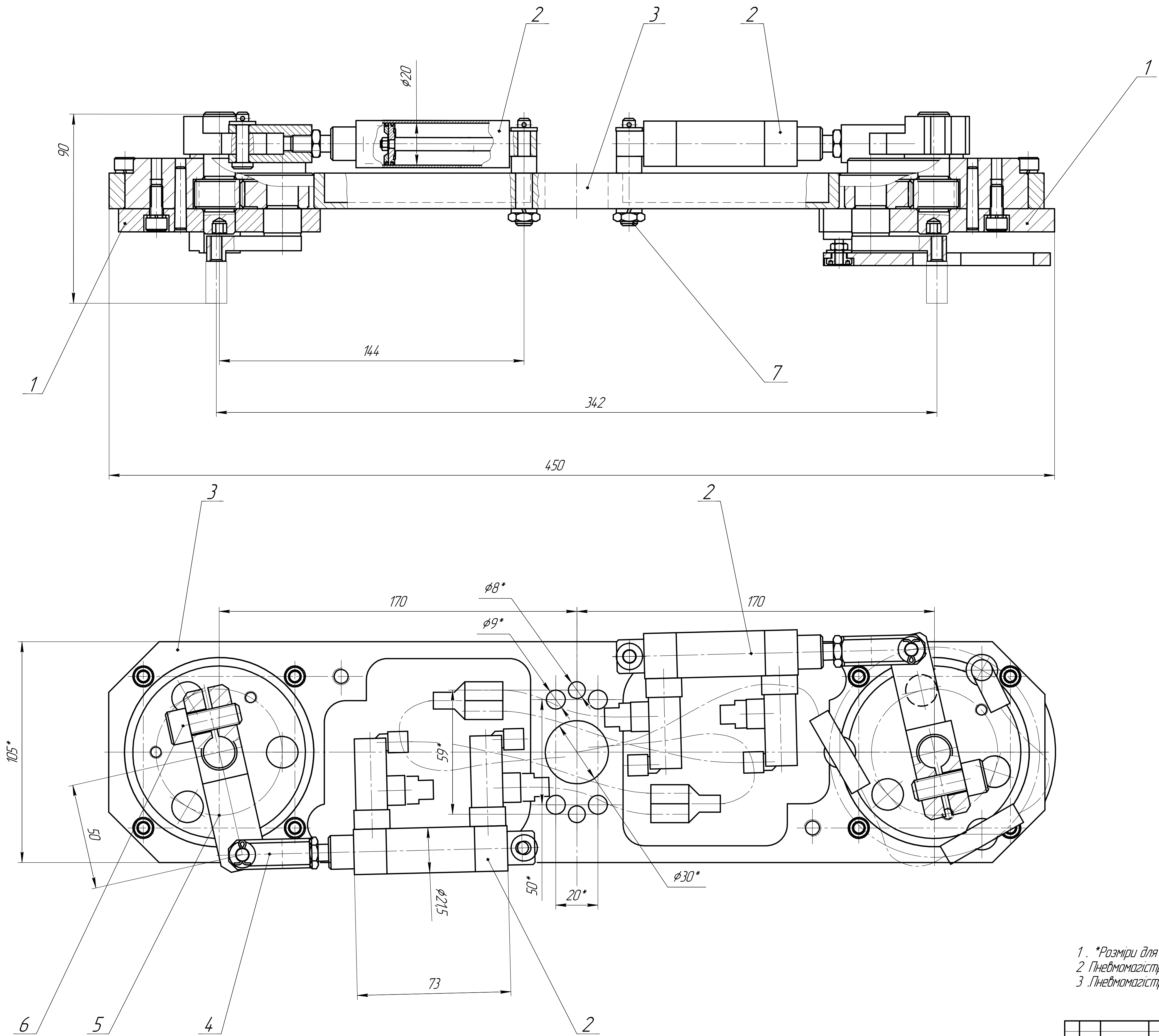


1. *Разміри для довідок.
3.Допуск радіального біття макета заготовки ажтого в патроні-0.02 мм.

6. Маркіувати позначення патрона.
7.Разміри дійсна для конкретного налагодження верстат
8. Маніпулято умовно не показаний.

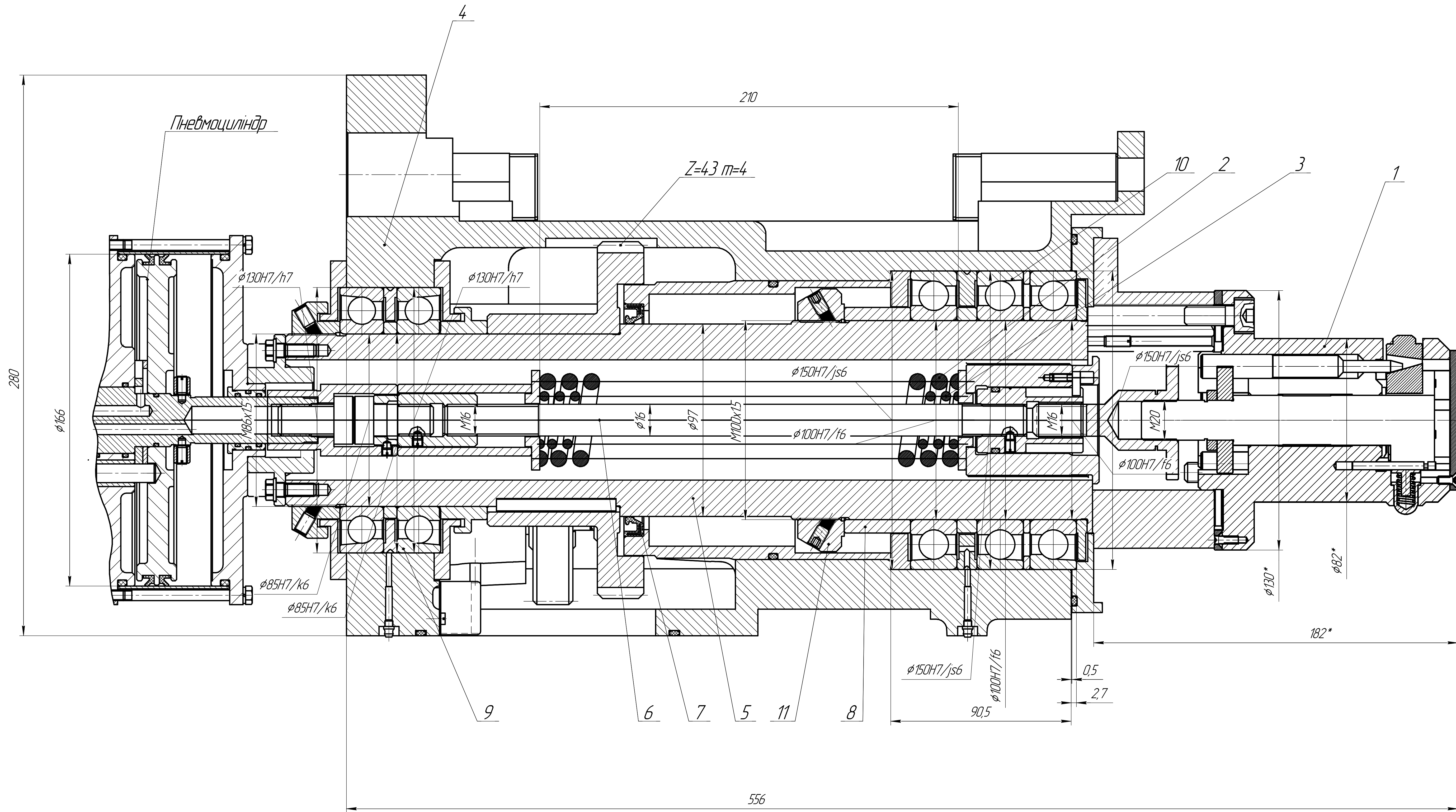
4. Рухомі частини патрона змастити мастилом ВНИИНП-232 ГОСТ14068-79. Змащувати один раз на тиждень.
5. Маркувати: Ртах - 2000 Н.

				МВ-8110мп.МД112.000 3В			
				Робоча зона верстата			
				Загальний вигляд			
				Лист	Масса	Масштаб	
				В		1:2	
				Лист		Листов	
				НТ99 КТІ ім. Ізгоя Сікорського		1	
				ММІ, МВ-81мп			
				Формат		А1	
				Копірабат			



1. *Разміри для довідок.
2. Пневмомагістралі не показані.
3. Пневмомагістралі перевіряти регулярно на герметичність.

					МВ-8110мп.МД232.000 СК					
Ізв. Разроб. Проб. І.контр.	Лист	№ док. Рис. Лист	Подп.	Дата	Привод механізму захвату		Лист	Маса	Масштаб	
							В	300	1:1	
					Складальний кресленник		Лист		Листів	1
							КПІ ім. Ігоря Сікорського ММІ. МВ-81мп			



- 1 *Размеры для доводки.
2 Давление пневматической сети не больше 8 МПа
3 Радиальное биение торца шпинделя не больше 0.02 мм
4 Вытекание масла через уплотнения не допускается.

				МВ-8110мп.МД14.2000 СК		
				Шпиндельный узел		
				Складальный кресленник		
				Лист	Масса	Масштаб
				В	1806	1:1
				Лист		
				Листов 1		
				НТЗУ КТМ им. Ізбара Сікорського		
				ММІ, МВ-81мп		
				Копіюваль		
				Формат А1		